ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 MARS 1931.

PRÉSIDENCE DE M. Louis de LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Maurice Kraïtchik**, professeur à l'École des Hautes Études de Bruxelles, qui assiste à la séance.

SPECTROSCOPIE. — *Relations simples du spectre moléculaire avec la structure de la molécule.* Note de M. **H. Deslandres**.

Cette Note est la suite d'une Note précédente présentée sous le même titre dans les *Comptes rendus* le 29 décembre 1930. Elle continue l'étude des relations simples qui unissent le spectre moléculaire aux divisions naturelles formées par les atomes constituants, les grands anneaux d'électrons et les électrons de chaque atome.

Les premiers résultats ont été réunis dans une formule et un tableau, que j'appellerai ici formule (1) et tableau I. Je reproduis la formule qui donne les bandes et raies d'une même molécule, représentées par la fréquence ν en cm^{-1} de leur partie la plus intense.

$$\nu = qd_1/rs \pm q'd_1/r's', \tag{1}$$

d_1 étant une constante universelle égale à 1062,5; s étant le nombre des grands anneaux d'électrons dans la molécule et s' le nombre des électrons extérieurs d'un atome ou le nombre atomique de cet atome; q, r, q', r' étant des nombres entiers.

La formule avait été présentée en 1925 dans les conditions suivantes : La molécule simple HCN de l'acide cyanhydrique, formée de trois atomes, a un spectre simple dont les bandes sont des multiples de $d_1/3$. Frappé de

cette coïncidence, j'ai étudié au même point de vue dix-neuf autres spectres, dus à des composés simples, et qui ont pu être représentés par le premier terme de la formule (1), l'accord entre les fréquences observées et calculées étant au moins aussi bon qu'avec les formules connues de Hettner et de Baly.

De plus, parmi les bandes de ces dix-neuf composés, quelques-unes, étudiées avec une dispersion forte, ont montré, de chaque côté du centre de la bande, des bandes ou raies secondaires, à peu près équidistantes. Tel est le cas des fortes bandes $6^{\mu},26$ et $3^{\mu},15$ de H^2O, et j'ai noté que l'écartement de leurs bandes secondaires était égal respectivement à $d_1/48$ et $d_1/24$; c'est-à-dire à $d_1/8$ divisé par 6 et à $d_1/8$ divisé par 3. Avec les bandes secondaires de HFl et de HCl, l'écartement moyen était égal à $d_1/9 \times 3$ et à $d_1/17 \times 3$. Or, 8, 9 et 17 sont les nombres atomiques des corps simples O, Fl et Cl; d'où le second terme de la formule (1) présenté d'abord avec réserves (en 1925).

Le tableau I de la Note précédente (1930) apporte des vérifications nouvelles très nettes, en particulier pour le deuxième terme de la formule (1) qui, même, devient le plus important; et le tableau II ci-contre, qui prolonge le tableau I, est encore plus probant, avec huit spectres nouveaux. Les fréquences de ces corps composés sont la plupart, surtout dans l'infrarouge extrême, des multiples de $d_1/q's'$, et donc rattachées nettement aux nombres atomiques des éléments. D'ailleurs ces fréquences, reconnues d'abord dans le proche infrarouge, comme bandes secondaires des bandes principales de H^2O et HCl, ont été retrouvées ensuite dans l'infrarouge extrême, isolées et séparées de ces bandes principales. Voir dans le tableau II deux raies ou bandes de HCl dont les fréquences sont $d_1/17 \times 3$ et $9\,d_1/17 \times 3$. La dernière fréquence $3\,d_1/17$ a été relevée dans le spectre d'absorption par Czerny, et dans le spectre Raman par Wood, et on la trouve aussi dans le spectre de réflexion de NaCl. Dans ces conditions, il a paru meilleur de séparer les deux termes de la formule (1), et de leur substituer les formules (2) et (3) :

$$(2)\quad \nu = q\,d_1/rs; \qquad (3)\quad \nu = q'\,d_1/r's'.$$

s' étant toujours le nombre atomique, ou plus généralement, le nombre des électrons qui sont excités simultanément. Les fréquences des formules (2) et (3) peuvent évidemment s'unir par addition ou soustraction, conformément au principe de combinaison qui s'applique à toutes les vibrations.

II. Le tableau II complète le tableau I sur le point suivant. Les molé-

TABLEAU II. — *Fréquences infrarouges de molécules simples.*

Molécule.	Nombre s.	Fréquence de la bande ou de la raie (1).	Multiples de d_1/rs et de $d_1/r's'$.	Résidus.	Nombre atomique s'.
H^2 gaz (2).......	2	ram. 354,1	$= d_1/3$	+ 0,00	1 — H
HCl gaz.........	2	abs. 20,79	$= d_1/17\times 3$	— 0,04	17 — Cl
		id. 185,86	$= 3\, d_1/17$	— 1,64	17 — Cl
		ram. 187,45	$= 3\, d_1/17$	— 0,05	17 — Cl
NaCl cristal.....	4	réfl. **186,6**	$= 3\, d_1/17$	— 0,90	17 — Cl
			$= 2\, d_1/11$	— 6,6	11 — Na
$CaFl^2$ id.	5	id. **316,5**	$= 3\, d_1/10$	— 2,2	20 — Ca
			$= 8\, d_1/9\times 3$	+ 1,7	9 — Fl
		id. 409,6	$= 7\, d_1/9\times 2$	— 3,6	9 — Fl
	5		$= 23\, d_1/20\times 3$	+ 2,3	20 — Ca
SIO^2 cristal......	4	ram. **128,5**	$= d_1/8$	— 4,3	8 — O
			$= 5\, d_1/14\times 3$	+ 2,0	14 — Si
		id. 207,5	$= d_1/5$	— 5,0	
			$= 8\, d_1/14\times 3$	+ 5,1	14 — Si
		id. 1165	$= 11\, d_1/10$	— 3,7	
			$= 46\, d_1/14\times 3$	+ 1,3	14 — Si
SiC solide.......	3	réfl. 833	$= 11\, d_1/14$	— 1,8	14 — Si
$SiCl^4$ solide......	10	ram. **152**	$= 2\, d_1/14$	+ 0,2	14 — Si
		id. **220**	$= 3\, d_1/14$	— 7,5	14 — Si
			$= 7\, d_1/17\times 2$	+ 1,25	17 — Cl
	10	id. **427**	$= 2\, d_1/5$	+ 1,5	
			$= 17\, d_1/14\times 3$	— 3,1	14 — Si
ClO^3Na cristal...	7	ram. **127,5**	$= 2\, d_1/17$	+ 2,5	17 — Cl
		id. 177,5	$= 4\, d_1/8\times 3$	+ 0,4	8 — O
		id. **483,7**	$= 5\, d_1/11$	+ 0,7	11 — Na
		id. 624,5	$= 10\, d_1/17$	— 0,5	17 — Cl
		id. **936**	$= 15\, d_1/17$	— 1,5	17 — Cl
	7	id. 990	$= 13\, d_1/7\times 2$	+ 3,4	
NH^4Cl solide....	7	réfl. **1420,4**	$= 28\, d_1/7\times 3$	+ 3,7	7 N
			$= 44\, d_1/11\times 3$	+ 3,7	11 NH^4
		id. 3125	$= 50\, d_1/17$	+ 0,0	17 Cl
			$= 97\, d_1/11\times 3$	+ 1,9	11 NH^4
C^2H^6 liquide.....	8	ram. **2950**	$= 25\, d_1/9$	+ 1,4	9 CH^3
C^6H^6 liquide.....	12	id. **990**	$= 13\, d_1/7\times 2$	+ 3,4	7 CH
	12	id. **3060**	$= 69\, d_1/6\times 4$	+ 6	6 C
		abs. **1481**	$= 39\, d_1/7\times 4$	— 1	7 CH
		id. **3080**	$= 81\, d_1/7\times 4$	+ 6,5	7 CH

(1) Les fréquences en chiffres gras sont celles des bandes les plus fortes.

(2) La raie ν 354 (ou $d_1/3$) est la première raie Raman de la molécule H_2; l'intervalle qui la sépare de la deuxième raie est égal à $2\, d_1/9$. Les spectres Raman de H^2, N^2 et O^2 forment un groupe spécial qui sera examiné plus tard.

cules du tableau I sont formées de deux corps simples seulement, et chaque fréquence a été rapportée soit à la formule (2), soit à la formule (3) avec l'un des atomes, soit à la fois aux deux formules. Or il arrive souvent que cette fréquence peut être rattachée aussi à l'atome du second corps simple. Les molécules étudiées offrent de nombreux exemples de ce dernier fait et le tableau II en présente quelques-uns, qui se rapportent aux molécules HCl, $CaFl^2$ et SiO^2 du tableau I, et aux molécules nouvelles. A noter qu'il y a là une confirmation, au moins partielle, des lois suivantes, posées en 1915 par Baly. Dans la molécule, les atomes ont leurs vibrations propres, et les vibrations émises les plus fortes sont celles qui sont communes à deux ou plusieurs atomes. Baly a publié les fréquences appelées par lui fréquences bases de l'atome et de la molécule, desquelles on peut déduire les autres fréquences. Je montrerai dans une Note prochaine que ces fréquences bases sont rattachées simplement à la constante d_1 et aux nombres s et s', au dernier nombre surtout.

Le spectre de SiO^2 dans le tableau I offre quatre fréquences qui sont des sous-multiples simples de d_1, mais qui ne sont pas rattachées dans le tableau aux nombres s ou s'. J'ai émis l'idée qu'elles pouvaient être émises par une partie seulement des électrons de l'atome, et j'estime que cette idée doit être retenue. En réalité, ces fréquences rentrent dans la règle générale; car elles sont des multiples de $d_1/14\times3$ et 14 est le nombre atomique de Si. Deux de ces fréquences sont insérées dans le tableau II.

III. Les huit molécules nouvelles du tableau II (¹) et sept molécules du tableau I montrent bien l'accord des fréquences émises avec la formule (3) et avec l'inverse du nombre atomique (²). Onze corps simples, dont les nombres atomiques sont compris entre 1 et 80, sont impliqués dans la recherche; et le nombre entier r', associé au nombre atomique, est petit et le plus souvent égal à 1 ou à 3. Deux molécules, moins simples que les autres, ClO^3Na et NH^4Cl, sont constituées par trois atomes différents; et, avec ClO^3Na, les trois nombres atomiques sont rattachés à une ou plusieurs fréquences de la molécule.

(¹) Pour les fréquences du tableau, les sources sont : H^2, RASETTI, *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 367; HCl, absorption, CZERNY, *Zts. Phys.*, 34, p. 227; Raman, WOOD et DICKE, *Phys. Rev.*, 35, 1930, p. 1355; SiC, COBLENTZ, *Publ. Carnegie*, n° 35, 1908, p. 1; $SiCl^4$, ClO^3Na, C^4H^6, DAURE, *Ann. de Physique*, 12, 1929, p. 375; NH^4Cl, RHEINKOBER, *Zeits. f. Phys.*, 3, 1920, p. 1; C^6H^6, Raman, DAURE; absorption, COBLENTZ.

(²) J'ai recherché aussi l'influence du poids atomique; car le noyau peut, dans une certaine mesure, participer aux radiations émises. La question sera examinée ultérieurement.

La loi résumée par la formule (3) est probablement générale, et elle suggère que ces radiations infrarouges, attribuées en général à la rotation de la molécule, ont une origine différente.

IV. La molécule NH^4Cl offre un intérêt particulier; elle a, dans l'infrarouge extrême, les mêmes radiations que la molécule NaCl, et le radical ammonium NH^4 doit avoir la même influence que l'atome Na. En effet NH^4 et Na ont le même nombre atomique, égal à 11, si l'on admet que le nombre atomique du radical est la somme des nombres atomiques de ses atomes. De plus, parmi les chlorures examinés, le chlorure d'ammonium est le seul qui ait un spectre de réflexion dans le proche infrarouge, et les deux fréquences émises, insérées dans le tableau, sont rattachées à $d_1/11$.

J'ai examiné au même point de vue d'autres radicaux de la chimie organique, et en particulier les radicaux CH^3, OH, NH^2, qui ont le même nombre atomique égal à 9, et aussi le radical CH, représenté par le nombre 7. Or une raie Raman intense de l'éthane ($H^3C - CH^3$), présentée dans le tableau II, et plusieurs bandes fortes de l'eau (H — OH) sont des multiples de $d_1/9$. Avec le benzène C^6H^6, formé de six radicaux CH, la raie Raman la plus forte, et les deux bandes d'absorption les plus intenses sont rattachées à $d_1/7$. Le radical serait un assemblage d'atomes dont tous les électrons seraient groupés ainsi que dans un atome; ce qui lui donne quelques-unes des propriétés de l'atome.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La teneur des plantes, notamment des plantes alimentaires en aluminium.* Note de M. GABRIEL BERTRAND et Mme GEORGETTE LÉVY.

La recherche et le dosage de l'aluminium dans les plantes ont donné lieu, depuis plus d'un siècle, à de très nombreuses publications. Malgré quelques données certaines, on ne peut se contenter des résultats obtenus, surtout au point de vue quantitatif. Dans la plupart des cas, toutes les précautions n'ont pas été prises pour éliminer les poussières argileuses qui pouvaient souiller les échantillons analysés, ou du moins, il n'a pas été fait mention de cette particularité importante dans les travaux publiés. En outre, la détermination exacte de l'aluminium en présence des autres éléments de la plante est une opération difficile et, manifestement, le plus grand nombre de ceux qui l'ont tentée se sont servis de méthodes insuffisamment précises.

Il n'est donc pas surprenant que, dans le but d'élucider certains problèmes biologiques, et en particulier, d'hygiène alimentaire, on ait repris, dans ces dernières années, l'étude de la détermination qualitative et quantitative de l'aluminium dans les plantes. On n'est pas encore arrivé, cependant, même sur le premier de ces objectifs, à une entente générale. Ainsi Mac Collum, Rask et Becker d'une part ([1]), Kahlenberg et Closs d'autre part ([2]) ont employé la méthode spectrographique pour atteindre une grande sensibilité et éviter en même temps les causes d'erreur dues aux impuretés des réactifs ou aux poussières du laboratoire. Les premiers sont arrivés à la conclusion que l'« aluminium n'est pas un constituant de la matière végétale », tandis que les derniers prétendent avoir trouvé l'aluminium dans tous les échantillons qu'ils ont examinés et tiennent la conclusion de leurs prédécesseurs comme reposant sur une erreur. Mac Collum, Rask et Becker ont répondu depuis que Kahlenberg et Closs avaient pris des raies du calcium pour les deux raies ultimes de l'aluminium ([3]).

Il nous a paru, dans ces conditions, que de nouvelles recherches, entreprises à l'aide d'une méthode d'analyse quantitative appropriée, pourraient encore avoir un assez grand intérêt, principalement si elles portaient sur des plantes ou parties de plantes alimentaires au sujet desquelles on n'a que des données tout à fait insuffisantes. Nous avons choisi une méthode d'analyse chimique pondérale, permettant de doser l'aluminium en présence des autres éléments contenus dans les cendres. Cette méthode est d'une exécution un peu longue et oblige à opérer sur une quantité de matière assez élevée, mais elle fournit des résultats plus sûrs et plus utiles que ceux dus aux méthodes colorimétriques ou spectrographiques antérieurement employées.

Chaque détermination est effectuée sur un échantillon contenant de 25 à 50^g de matière sèche, quelquefois même davantage, jusqu'à une centaine de grammes, selon la teneur probable ou approximativement connue en aluminium.

L'échantillon est d'abord débarrassé avec grand soin des particules de terre et des poussières adhérentes, ainsi qu'il a déjà été décrit plusieurs fois par l'un de nous dans des circonstances analogues ([4]), puis séché et

---

([1]) *Journ. biochem. Chem.*, **77**, 1928, p. 753.

([2]) *Ibid.*, **83**, 1929, p. 261.

([3]) *Ibid.*, **85**, 1930, p. 779.

([4]) La dernière fois, pour la recherche du titane : Gab. Bertrand et Mme Voronca Spirt, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **45**, 1929, p. 1044, et **47**, 1930, p. 102.

incinéré au rouge naissant. L'aluminium est ensuite dosé dans la solution acide des cendres à l'état de phosphate ([1]). Le détail de la méthode, ne pouvant trouver place ici, sera exposé prochainement dans un autre Recueil avec le tableau des résultats.

De plus d'une centaine d'analyses effectuées par cette méthode, il nous semble possible de tirer les conclusions suivantes :

L'aluminium existe chez toutes les plantes phanérogames. On l'y trouve en proportions très différentes selon les espèces. Depuis environ une dizaine de milligrammes jusqu'à plusieurs décigrammes par kilogramme de matière sèche.

Exceptionnellement, certaines espèces, comme le haricot, peuvent en contenir plus d'un gramme.

Cette teneur est influencée par l'âge. Les plantes que nous avons examinées ont présenté, à cet égard, des variations importantes. Elles se sont d'abord enrichies très rapidement par rapport à la graine, puis cet enrichissement s'est modéré, de sorte que, dans certains cas, la teneur en aluminium a passé par un maximum au cours de la première période du développement.

Les *racines comestibles*, dans lesquelles la culture a développé considérablement le tissu parenchymateux, renferment ordinairement beaucoup moins d'aluminium que les racines ordinaires. Par exemple : betterave fourragère 6^{mg} (chiffre rapporté, comme tous les autres, au kilogramme de matière sèche); carotte jeune 30^{mg}, carotte âgée 22^{mg}, radis rose (mars) 210^{mg}, radis rose (avril) 440^{mg}, navet (mai) 37^{mg}, navet (décembre) 90^{mg}, salsifis 56^{mg} et, d'autre part : racines de colza (mai) 140^{mg}, (juin) 90^{mg}, de pissenlit sauvage 120^{mg}, de laitue 440^{mg}, de pomme de terre non tubérisée (juin) 1100^{mg}, tubérisée mais sans les tubercules (juillet) 200^{mg}, de haricot 1640^{mg}.

Les *tubercules* et les *bulbes* ont des teneurs en aluminium de l'ordre de grandeur des racines comestibles : topinambour 24^{mg},6, crosne du Japon 73^{mg},7, pomme de terre 76^{mg}, ail 36^{mg}, oignon 93^{mg}.

Il en est approximativement de même de la plupart des *fruits charnus* ou

([1]) Nous avons dit plus haut que le dosage de l'aluminium dans les cendres végétales est une opération difficile. En soumettant à l'analyse le précipité obtenu à la fin de nos dosages, nous y avons trouvé des fractions de milligrammes de silice et d'acide titanique. Nous estimons, d'après quelques-unes de ces analyses ultimes, que les précipités pesés pouvaient être comptés dans la majorité des cas, comme formés d'environ 95 pour 100 de leur poids de phosphate d'aluminium.

succulents : pomme, 13^{mg}; groseille rouge, 15^{mg}; groseille blanche, 28^{mg}; tomate, 23^{mg}; abricot, 60^{mg}; pêche, 64^{mg}; cerise, 70^{mg}. Cependant l'orange et la mandarine sont plus pauvres : tranches seules, 6 à 7^{mg}. La banane est très pauvre dans sa partie comestible : $1^{mg},4$, avec 15^{mg} dans son écorce. Par contre le réceptacle fructifère qui constitue la fraise est relativement riche : 158^{mg}.

Les *graines* sont, d'une manière générale, très pauvres en aluminium : maïs, $0^{mg},5$; haricot flageolet, lentille, pois, 1^{mg}; riz blanc, $1^{mg},4$; noix, vesce, 2^{mg}; soja, haricot de Soissons, 3^{mg}; froment, 4^{mg}; malt, chou, 5^{mg}; avoine $5^{mg},2$; seigle, $5^{mg},6$; orge, $6^{mg},7$; vigne, 10^{mg}. Dans le cas de l'arachide, nous n'avons même pas pu recueillir une quantité pondérable de phosphate d'aluminium à la fin du dosage, en opérant sur 100^{g} de graines, alors qu'il y avait 79^{mg} de métal dans les valves de la gousse. Inversement, le café s'est montré exceptionnellement riche avec une teneur de $46^{mg},2$. Dans le froment, le métal est surtout contenu dans le germe ($14^{mg},3$) et les téguments (gros son, $12^{mg},4$); la farine n'en renferme pour ainsi dire pas (farine première 1^{mg}).

Les *feuilles*, enfin, sont les organes végétaux dans lesquels on rencontre, ordinairement, les proportions les plus élevées d'aluminium. S'il n'y en a dans celles de platane que 60^{mg}, de pin sylvestre que 55^{mg}, de lilas que 74^{m} et de l'iris de Florence que 85^{mg}, il y a, par exemple, dans les feuilles de mâche 96^{mg} d'aluminium, d'épinard 96 à 104^{mg}, d'oseille 121^{mg}, de rhubarbe 166^{mg}, de radis 157 à 280^{mg}, de thé de Ceylan 465^{mg}.

Comme il a été reconnu déjà au sujet du fer, du zinc et du titane, il y a une certaine proportionnalité dans les feuilles entre la teneur en chlorophylle et la teneur en métal : les feuilles vertes sont riches en aluminium, les feuilles étiolées n'en renferment presque pas. Nous avons trouvé, par exemple : dans le chou pommé, feuilles extérieures vertes 232^{mg}, feuilles intérieures blanches 8^{mg}; dans la laitue pommée, feuilles extérieures vertes 260^{mg}, feuilles du cœur 100^{mg}; dans l'endive et la barbe de capucin respectivement 51 et 10^{mg}; dans le pissenlit sauvage à feuilles vertes 135^{mg}, dans la même espèce à feuilles étiolées par la culture $7^{mg},4$.

Cette particularité est favorable à l'hypothèse d'une intervention de l'aluminium dans les phénomènes nutritifs de la plante et, peut-être, explique-t-elle, du moins en partie, les résultats positifs obtenus à diverses reprises par l'emploi du sulfate d'aluminium comme engrais catalytique.

Sous le rapport de l'alimentation, les résultats que nous publions aujourd'hui démontrent que l'homme ingère ordinairement de l'aluminium avec

la nourriture végétale, en quantités très petites avec les graines et avec le pain, mais le plus souvent voisines, parfois même supérieures à celles du fer lorsqu'il s'agit de feuilles et d'organes parenchymateux.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la chute de pouvoir rotatoire des solutions de glucides sous l'action des alcalis.* Note de M. JEAN EFFRONT.

Dans un travail publié en 1887 (¹), j'ai établi que les solutions de glucose, de fructose et de maltose perdent leur pouvoir rotatoire sous l'influence de l'ammoniaque, tandis que le pouvoir rotatoire des solutions de dextrines, d'inuline et de saccharose traitées dans les mêmes conditions n'est pas modifié. Des recherches nouvelles m'ont démontré qu'en remplaçant l'ammoniaque par NaOH *n*/2 on arrive, à la température ordinaire, à provoquer une action isomérisante non seulement sur les sucres, mais aussi sur l'amidon et les dextrines et que la chute de rotation qui en résulte diffère selon la nature du glucide traité. Un empois d'amidon ainsi que des solutions de maltose ou de glucose sont amenés à une concentration correspondante à 50° du saccharimètre Soleil. On dilue ensuite les solutions de leur volume de NaOH *n*/1, et l'on détermine à différents intervalles la rotation du liquide maintenu à la température de 20° à l'abri de la lumière.

Nature des substances.	Rotation dans H^2O.	Rotation dans NaOH après 5 h. 30.	Chute °/₀ en 5 h. 30.	Rotation dans NaOH après 24 h.	Chute °/₀ en 24 h.
1. Empois d'amidon....	25°	imm. = 21°	16	21°	16
2. Solution de maltose.	25	18,7	25,2	12,5	50
3. Solution de glucose.	25	12,9	48,2	2,2	19

Dans l'empois, dès qu'on ajoute la soude, la rotation tombe de 25 à 21°; la chute est donc de 16 pour 100 et l'on reste au même point après 24 heures. Les différents amidons naturels, de même que les dextrines, se comportent de même, la chute ne différant que de 0°,2 à 0°,3. La chute de rotation de l'amidon soluble Merck est de 16°,8 pour 100, l'amidon soluble préparé au laboratoire donne une chute de 14°,6 pour 100. Pour l'amidon artificiel Maquenne, on a obtenu 17°,7 pour 100. Malgré ces variations, tous ces produits amylacés présentent la même propriété fondamentale, à savoir que la chute de rotation se produit dès le début de l'action de la

(¹) *Moniteur scientifique de Quesneville*, 1887, livr. 545, p. 533 à 540.

soude et reste stationnaire pendant 24 heures. Ces données permettent d'apprécier le degré de pureté de ces produits : une dextrine ayant une rotation stable est certainement exempte de sucre, et l'intensité de la chute qui se déclare permet de déterminer la nature et même approximativement la quantité du sucre qui s'y trouve présent.

Avec le glucose, par contre, en 5h30m et en 24 heures la chute de rotation est respectivement de 48 et 91 pour 100 dans le cas de solutions de 4 à 5 pour 100 de sucre. Quand il s'agit de solutions à 0,5-1 pour 100, la neutralité optique est à peu près atteinte en 24 heures. Avec des quantités de glucose encore plus faibles, on arrive à une rotation gauche.

Le maltose donne une chute de 25 pour 100 en 5 heures et demie et de 50 pour 100 en 24 heures; cette chute varie entre 48° et 52°, suivant qu'il s'agit d'une solution de maltose contenant de 0,5 à 4 pour 100; elle est de 48° avec 0,5-1 pour 100 de sucre et devient plus prononcée avec l'accroissement de la dose de sucre. L'écart entre la chute de rotation du maltose et du glucose reste encore assez sensible pour qu'on puisse déceler la présence simultanée des deux sucres. De plus, une chute dépassant sensiblement 52 pour 100 de rotation dans un liquide contenant à la fois dextrine, maltose et glucose est un indice certain de la présence du dernier de ces corps.

Action de la soude sur un mélange de glucose et de maltose.

Nos.	Composition pour 100cm³. Maltose.	Glucose.	Dissolvant.	Rotation. Début.	Après 24 h.	Chute de rotation % (degrés).	Chute due au glucose.
1.	1g,5	0g	H^2O	17°,84	17°,84	48,2	0
2.	1,5	0	Na OH	—	9,23		
3.	1,5	0,3	H^2O	—	19,75	54,8	54°,8–48°,2 = 6°,6
4.	1,5	0,3	Na OH	—	8,92		
5.	1,5	0,75	H^2O	—	23,89	60,6	60°,6–48°,2 = 12°,4
6.	1,5	0,75	Na OH	—	9,39		

La solution de maltose à 1,5 pour 100 donne une chute de rotation de 48,2 pour 100; l'addition 4 de 0g,3 de glucose ramène la chute à 54°,8, les 6°,6 supplémentaires étant dus au glucose ajouté. La différence s'accentue avec l'augmentation de la dose de glucose 6.

Amidon soluble, dextrines-réductrices et maltose.

Nos.	Composition pour 100cm³.	Maltose ajouté % cm³.	Chute totale % degrés en 24 h.	Chute % degrés due au maltose.	Chute calculée due au maltose.
1.	0g,8757 amidon soluble..........	0	14,6	0	0
2.	» » »	0,2471	20,1	(20,1–14,6)=5,5	5,92
3.	» » »	0,1235	17,4	(17,4–14,6)=2,8	3,22
4.	» » »	0,0618	16,1	(16,1–14,6)=1,5	1,69
5.	1g,63 dextr. réd. dont 0g,23 malt.	0	15,8	(15,8–16)<0	3,57
6.	2g,875 » » » 0,75 » .	0	15,2	(15,2–16)<0	6,86
7.	1g,63 de produit de l'exp. n° 5 plus	0,75	24,1	(24,1–16)=8,1	11,35
8.	3g,237 dextr. de bière dont 0,517 malt.........................	0	14,3	(14,3–16)<0	4,14

Sous l'action de la soude la rotation de 100° de l'amidon soluble subit une chute de 14°,6; l'addition de 0g,0618 de maltose 4 ramène la chute à 16°,1 pour 100 dont 1°,5 sont dus à la présence du maltose. En ajoutant une dose double 3 et quadruple 2 de maltose, la chute due à celui-ci s'accentue. Dans une Note précédente [1], j'ai fait ressortir qu'au cours de la saccharification diastasique il se forme dès le début des dextrines réductrices à côté du maltose libre. Les méthodes actuellement en usage ne sont pas appropriées pour différencier ces deux états de maltose qui tous les deux réduisent la liqueur cupro-potassique. La nouvelle méthode donne à cet égard des indications précises. En effet, le 8 du tableau ci-dessus se rapporte à une dextrine précipitée par l'alcool d'une bière de fermentation basse. Cette dextrine titre 15,9 pour 100 de maltose d'après la méthode Bertrand. Or, par la nouvelle méthode, on acquiert la preuve qu'elle ne contient point de maltose libre : en effet, la chute de rotation reste stationnaire au cours de l'action de la soude, et la chute totale en 24 heures est même un peu moindre que celle de la dextrine seule. Dans 5 et 6, il s'agit de deux dextrines assez riches en réducteurs (exprimés en maltose) retirées d'un empois saccharifié et ensuite fermenté à fond. Comme toutes les dextrines donnent avec NaOH une chute de 16 pour 100 en utilisant ce coefficient nous voyons que la chute due au maltose de ces deux dextrines est nulle. Dans le 7 on emploie une de ces deux dextrines 5 additionnée de maltose dont la présence est aussitôt révélée par la chute de rotation

(1) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 198.

supplémentaire de 8°,1. Dans la dernière colonne du tableau, ces résultats sont contrôlés par le calcul suivant : d'après la teneur du liquide en maltose et en dextrine, on calcule leur rotation (maltose = 130°,5, dextrine = 182° pour 10^g pour 100$^{cm^3}$), ainsi que la rotation due au maltose seul pour 100 de rotation totale. Exemple : dans l'essai 2 0^g,8757 d'amidon et 0^g,2471 de maltose ont une rotation totale de 19°,15, dans laquelle le maltose et l'amidon interviennent respectivement pour 16°,8 et 83°,2 pour 100. La chute respective des deux corps étant 50 et 14,6 pour 100; soit 8°,4 + 12°,14 = 20°,52 pour 100 de rotation totale, la chute due au maltose est donc de 20°,52 — 14°,6 = 5°,92 pour 100. On arrive aussi au même résultat en multipliant directement 16°,8 par le coefficient 0,354. Dans les essais 1 à 4 les valeurs trouvées et calculées sont sensiblement les mêmes, parce qu'il ne s'agit pas de maltose combiné. Au contraire, dans 5 et 6 le maltose est entièrement combiné et la soude ne provoque point de chute supérieure à celle de la dextrine. Dans le 7, on a trouvé que sur 100° de rotation totale on devrait avoir une chute supplémentaire de 11°,35 si tout le maltose était libre. En réalité on a constaté une chute de 8°,1 et, en effet, la composition du liquide montre que sur la totalité des réducteurs présents, il y en a seulement trois quarts environ à l'état libre (maltose ajouté).

M. H. Lecomte s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de disposer pour la Bibliothèque de l'Institut la 44e livraison, soit le fascicule 7 du volume III de la *Flore générale de l'Indochine*, publiée par mon Service du Muséum et sous ma direction.

Ce fascicule comprend :

1° La fin de la famille des Myrsinacées par M. J. Pitard, décédé ;

2° Les deux familles des Sapotacées, par M. Henri Lecomte.

Ces deux dernières familles comportent surtout des espèces arborescentes; elles tiennent par conséquent une place importante dans la flore indochinoise.

Les Sapotacées sont essentiellement des arbres à latex; c'est de quelques espèces du genre *Palaquium* qu'on extrait la gutta-percha; le même genre est représenté en Indochine, et de l'espèce *P. obovatum* on a retiré une substance ayant, dit-on, quelques caractères de la gutta.

Quant à la famille des Ébénacées, elle contient les genres *Diospyros* et *Maba*, qui sont les producteurs de bois d'ébène.

Ce travail considérable de la Flore d'un grand pays comme l'Indochine comprendra 7 tomes d'environ 1000 pages, avec planches hors texte et nombreuses vignettes dans le texte. Ce travail fut entrepris il y a 25 ans grâce aux matériaux rassemblés au Muséum et donnés par le D[r] Thorel, Harmand, Pierre, Chevalier, Lecomte et Finet, ou acquis de Balansa, Père Bon, etc.

A ces collections déjà considérables se sont ajoutées, dans ces dernières années, les récoltes de Poilane (recruté autrefois par le Service scientifique d'Indochine et par quelques inspecteurs des forêts de bonne volonté, MM. Bgaud et Brillet surtout).

Pour l'élaboration de cette Flore, je dus recourir d'abord à des collaborateurs de bonne volonté et, dès les premières années et en dehors du personnel ordinaire et malheureusement restreint, du Laboratoire de Botanique du Muséum, j'avais le bonheur de pouvoir compter sur la collaboration précieuse de quelques professeurs des Universités et de Province (M. Costantin, du Muséum et Membre de l'Institut; MM. Guérin, Dop, Pitard, Courchet et Beille) et même quelques botanistes étrangers, parmi lesquels j'ai le grand plaisir de citer le grand botaniste anglais Sir Joseph Dalton Hooker; Casimir de Candolle, de Genève; les professeurs Beccari et Martelli, de Florence. Tous ces collaborateurs signent personnellement la description des familles qui leur sont attribuées et dont ils ont la charge.

Mais pour une œuvre de longue haleine, groupant de multiples auteurs et exigeant, dans les tomes différents, l'utilisation simultanée de plusieurs imprimeries, j'ai cru bon de demander à l'un des plus actifs de mes collaborateurs, de se consacrer exclusivement à la *Flore générale de l'Indochine* et, sous le titre de Rédacteur principal, de répartir entre auteurs les matériaux d'étude, de vérifier et de compléter leurs corrections personnelles et surtout d'assurer l'exécution typographique uniforme des différentes parties de l'Ouvrage.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Minéralogie, en remplacement de M. *P. Termier* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 59,

M. Charles Jacob	obtient	41	suffrages
M. Léon Bertrand	»	15	»
M. Paul Lemoine	»	1	»
M. Emmanuel de Margerie	»	1	»
M. Charles Mauguin	»	1	»

M. **Charles Jacob**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des commissions de prix de 1931, ouvert en la séance du 23 février, est clos en celle du 2 mars.

50 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Francœur* — MM. Émile Picard, Painlevé, Hamy, Lecornu, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Ocagne, Drach.

II. Mécanique : *Prix Montyon, Poncelet.* — MM. Émile Picard, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Goursat, Mesnager, Borel, Drach, Jouguet.

A obtenu ensuite le plus de suffrages : M. d'Ocagne.

III. Astronomie : *Prix Lalande, Valz, G. de Pontécoulant, fondation Antoinette Janssen.* — MM. Émile Picard, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Lebesgue, A. Cotton, Esclangon, Maurain.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Fichot, Ch. Fabry.

IV. Géographie : *Prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Alexandre Givry.* — MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Fichot, Perrier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Lacroix, Ch. Maurain.

V. Navigation : *Prix du Ministère de la Marine, Plumey.* — MM. Émile

Picard, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Mesnager, Laubeuf, Ferrié, Fichot, Perrier, Charcot, Drach, Jouguet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Lacroix, E. Borel.

VI. Physique : *Prix Kastner-Boursault, Gaston Planté, Hébert, Henri de Parville, Hughes, Pierson-Perrin, fondation Clément Félix.* — MM. Émile Picard, Villard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bigourdan, Émile Borel.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Houzeau.* — MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Bertrand, Desgrez, Matignon, Delépine, R. Fosse.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrin, M. de Broglie.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Delesse, Victor Raulin, Joseph Labbé.* — MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Mangin, L. de Launay, Sabatier, Cayeux, Ch. Jacob.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrin, A. Cotton.

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, Jean Thore, de La Fons-Melicocq, de Coincy, Jean de Rufz de Lavison.* — MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Gabriel Bertrand, Molliard, Blaringhem.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Flahault, Viala.

X. Anatomie et Zoologie : *Prix Cuvier, fondation Savigny.* — MM. A. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mangin, Richet.

XI. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Chaussier, Mège, Bellion, Larrey, Argut, Charles Mayer.* — MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Joubin, Lapicque.

XII. Physiologie : *Prix Montyon, Pourat, Philipeaux, Fanny Emden.* — MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Richet, Quénu, Mesnil, Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Vincent, Caullery.

XIII. *Fonds Charles Bouchard.* — MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin,

Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Gravier, Vincent, Calmette, Achard.

XIV. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. Émile Picard, Lecornu, Lecomte, Borel, M. d'Ocagne, Lebesgue, Drach.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bigourdan, Kœnigs.

XV. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. Émile Picard, Bouvier, Bigourdan, L. de Launay, Richet, Émile Borel, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Joubin, d'Ocagne.

XVI. Ouvrages de science : *Prix Henri de Parville.* — MM. de Launay, Bourgeois, Émile Picard, A. Lacroix, Émile Borel, Gravier, Paul Janet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Goursat, Caullery, M. d'Ocagne.

XVII. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.* — MM. de Launay, Bourgeois, Émile Picard, A. Lacroix.

XVIII. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Lannelongue, Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel, Mme Victor Noury.* — MM. de Launay, Bourgeois, Émile Picard, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier.

XIX. *Prix fondé par l'État* (Grand prix des sciences physiques). — MM. d'Arsonval, A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Le Chatelier, Dangeard, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. de Launay, Gravier.

XX. *Prix Bordin.* — MM. Émile Picard, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, E. Borel, Lebesgue.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Deslandres, d'Ocagne.

XXI. *Prix Lallemand.* — MM. d'Arsonval, Bouvier, Marchal, Richet, Joubin, Mesnil, Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Vincent, Lapicque.

XXII. *Prix Maujean.* — MM. d'Arsonval, Roux, A. Lacroix, Joubin, Mesnil, Gravier, Vincent.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Caullery, Lapicque.

XXIII. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences mathématiques pures ou appliquées). —

MM. Émile Picard, Painlevé, Bigourdan, Lecornu, Hadamard, Émile Borel, Fichot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Ocagne, Lebesgue.

XXIV. *Prix Petit d'Ormoy* (SCIENCES NATURELLES). — MM. Roux, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Mangin, Dangeard, Joubin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Lecomte, Mesnil.

XXV. *Prix Jean Reynaud.* — MM. Émile Picard, d'Arsonval, Roux, A. Lacroix, Breton, E. Borel, Molliard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bouvier, d'Ocagne.

XXVI. *Prix du Baron de Joest.* — MM. d'Arsonval, Roux, A. Lacroix, Breton, Joubin, Mesnil, Vincent.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Ocagne, Caullery.

XXVII. *Prix Parkin.* — MM. Roux, A. Lacroix, Bigourdan, Douvillé, Richet, Mesnil, Vincent.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Cayeux, Maurain.

XXVIII. *Prix Saintour.* — MM. Émile Picard, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Kœnigs, Émile Borel, Cotton.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Lebesgue, d'Ocagne.

XXIX. *Prix Lonchampt.* — MM. d'Arsonval, Roux, A. Lacroix, Mangin, Richet, Leclainche, Gabriel Bertrand.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Dangeard, Vincent.

XXX. *Prix Henry Wilde.* — MM. Émile Picard, A. Lacroix, Bigourdan, Hamy, Kœnigs, Borel, Perrin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Deslandres, G. Bertrand.

XXXI. *Prix Hélène Helbronner-Fould.* — MM. de Launay, Bourgeois, Émile Picard, A. Lacroix, Blondel, Paul Janet, Breton, M. d'Ocagne, M. de Broglie, Desgrez, Séjourné, Charcot, Helbronner, A. de Gramont.

XXXII. *Fondation Roy-Vaucouloux.* — MM. Roux, Richet, Quénu, Bazy, Joubin, Mesnil, Vincent.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Gravier, Lapicque.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Faune de France, 21. *Mollusques terrestres et fluviatiles* (première partie), par Louis Germain. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° *Contribution à l'étude du peuplement des Iles Britanniques*, par W. S. Bristowe, J. Cardot, W. E. China, L. Dupont, H. Heim de Balsac, L. Joleaud, Martin, E. Mosely, J. Sainte-Claire Deville, B. P. Uvarov, A. J. Wilmott. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° *Measures of double Stars*, by Francis P. Leavenworth, *with which are included The Measures by* William O. Bell.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la recherche des équations $s = f(x, y, z, p, q)$ intégrables par la méthode de Darboux.* Note de M. **Pasquier**, présentée par M. E. Goursat.

La recherche des équations $s = f(x, y, z, p, q)$ qui admettent, pour l'un ou l'autre de leurs systèmes de caractéristiques, un invariant autre que x ou y se fait, en général, par l'application à ces équations de conditions nécessaires, mais non suffisantes. Un premier groupe de conditions est constitué par les conditions (C) de M. Gau, les conditions (Γ) de M. Gosse et les conditions (G) ou (H) de M. Lainé. Leur application particularise la forme de $f(x, y, z, p, q)$. Il arrive cependant que cette forme demeure trop imprécise pour qu'on puisse trancher le débat.

La remarque suivante peut être utile dans certain cas.

Supposons que l'on connaisse une transformation de Bäcklund qui permette de passer d'une équation du second ordre (E) à une autre (E′). M. Goursat a démontré qu'à tout invariant de (E) correspond un invariant de (E′). Pour que (E) ait un invariant, il faudra donc que (E′) satisfasse à l'un des systèmes de conditions qui vient d'être rappelé. Or, parce que ces conditions sont seulement nécessaires, il se peut qu'elles soient satisfaites par (E) sans l'être par (E′). On a ainsi un moyen de poursuivre l'étude de (E).

Considérons par exemple

$$(E) \qquad s = \frac{a(p).b(q)}{1 - e^{x+y}},$$

où a et b sont définis par $a + 1 = e^{a-p}$, $b + 1 = e^{b-q}$. (E) satisfait aux conditions (Γ_x) et (Γ_y) de M. Gosse.

Posons $\frac{\partial u}{\partial y} = q_1$, $\frac{\partial^2 u}{\partial x\, \partial y} = s_1$. On passe de l'équation (E) à l'équation de M. Gau

$$(E') \qquad s_1 = \left(\frac{e^u}{1 - e^{x+y}} - 1\right) q_1 + \frac{e^u - 1}{(1 - e^{x+y})^2}$$

par les formules de transformation

$$p = e^u - u - 1, \quad q = e^v - v - 1, \quad e^v = (1 - e^{x+y})\, q_1 + 1.$$

Or, pour l'équation (E'), la condition (Γ_y^1), $\Delta_1^r \mu + \mu \frac{\partial f}{\partial q_1} = 0$, est satisfaite par $\mu = \frac{1}{q_1 + \frac{1}{1 - e^{x+y}}}$, tandis que la condition (Γ_y^2) mène à des incompatibilités.

On peut en conclure que (E') n'a pas d'invariant du système Y et que, par conséquent, (E) n'est pas de la première classe.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une propriété de la mesure de M. Lebesgue.* Note de MM. **J. Schreier** et **St. M. Ulam**, présentée par M. Émile Borel.

M. Lebesgue a prouvé le théorème suivant, d'unicité de la mesure :

« Une fonction F d'ensembles, définie pour les ensembles plans mesurables et remplissant les conditions :

1° $F(E_1 + E_2 + \ldots E_n + \ldots) = F(E_1) + F(E_2) + \ldots F(E_n) + \ldots$ pour chaque suite d'ensembles disjoints $\{E_n\}$;

2° $F(Q) = 1$, Q désignant le carré fondamental dans le plan;

3° $F(E) = F(E')$ pour deux ensembles E, E' congruents (dans le sens de la géométrie élémentaire),

coïncide nécessairement avec la mesure qu'il a définie. »

Nous généraliserons ce théorème en introduisant d'une façon convenable la notion de congruence relative des ensembles.

Soient notamment φ et ψ deux fonctions continues de variable réelle, ne s'annulant que sur des ensembles dénombrables, finis ou vides.

Deux ensembles E et E' seront dits « congruents relativement aux fonctions φ et ψ », en symboles : $E \sim E'$, s'il existe deux constantes c et d, telles que la transformation $x' = x + c.\varphi(y)$, $y' = y + d.\psi(x)$ transforme E en E'.

Évidemment, si φ et ψ se réduisent à deux constantes $\neq 0$, l'opération considérée est une translation.

Voici la généralisation du théorème de M. Lebesgue :

Théorème. — *Toute fonction* F *d'ensembles plans mesurables* (L) *remplissant les conditions* 1°, 2° *et* 3' $F(E') = F(E)$ *si* $E' \sim E$, *est identique à la mesure de* E *au sens de M. Lebesgue.*

On déduit de ce théorème *l'unicité de la mesure des ensembles de droites du plan*, ce qui fournit une solution d'un problème proposé par M. H. Steinhaus [*Sur la portée pratique et théorique de quelques théorèmes sur la mesure des ensembles de droites* (*C. R. du Ier Congrès de Math. des pays slaves*)] et qui se rattache à la Théorie des probabilités. Une droite du plan étant définie par sa distance $p = OP$ d'un point fixe O et par l'angle ϑ entre OP et l'axe fixe $O\infty$, à tout ensemble D de droites correspond un ensemble ponctuel E du plan cartésien (ϑ, p). MM. Cartan [cf. les renvois de la Note : *Sur les probabilités géométriques* de M. Hostinsky (*Publications de la Faculté des Sciences de l'Université Masaryk*, 50, 1925)] et Deltheil [*Probabilités géométriques. Traité du Calcul des Probabilités et de ses applications* de M. E. Borel, 2, II (Gauthier-Villars et Cie, Paris, 1926)] mesurent D en lui attribuant par définition la mesure de Lebesgue de l'ensemble E. Cette mesure ne change pas quand l'ensemble D se déplace en restant congruent (dans le sens de la géométrie élémentaire) à lui-même.

Réciproquement, chaque fonction des ensembles de droites absolument additive, normée d'une façon convenable et attribuant les mêmes valeurs à des ensembles congruents de droites, donne lieu, si l'on effectue la transformation indiquée, à une fonction des ensembles ponctuels du plan.

Cette fonction remplit les conditions 1°, 2° et, comme il est aisé à calculer, aussi 3', la fonction φ ayant dans le cas considéré la valeur constante 1 et ψ étant égale à $\cos\vartheta$.

Conformément à notre théorème, cette fonction doit donc être égale à la mesure de Lebesgue; la fonction des ensembles de droites est par suite identique à la mesure de Cartan et Deltheil, ce qui signifie l'unicité de cette mesure.

Démonstration du théorème. — D'après un résultat de M. Sierpinski [*Sur la définition axiomatique des ensembles mesurables* (L) (*Bull. de l'Acad. des Sc. Cracovie*, 1918)], pour qu'une fonction d'ensembles, remplissant les conditions 1° et 2°, soit identique à la mesure de M. Lebesgue, il faut et il suffit qu'elle prenne pour les carrés aux côtés parallèles aux axes des valeurs propres, c'est-à-dire égales à leur aire.

Il suffit donc de montrer qu'une fonction remplissant 3′ jouit de cette propriété. Comme il est aisé de le voir, il suffit dans ce but de montrer que la fonction F prend des valeurs égales pour deux carrés A et B, équivalents par une translation.

Les conditions étant symétriques par rapport à x et y, il est légitime d'admettre que le carré A a pour base l'intervalle (0, 1) de l'axe des x et que le carré B s'obtient de A en augmentant les ordonnées de ses points d'une valeur fixe a.

Il s'agit de prouver que $F(A) = F(B)$. Remarquons d'abord que s étant un segment parallèle à l'un des axes (à l'axe des y par exemple), on a $F(s) = 0$; car en effectuant les transformations

$$(x'_1, y') = \left(x + \frac{1}{n}\varphi(y), y\right) \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots),$$

on obtient une suite d'ensembles congruents, qui deux à deux ont un ensemble au plus dénombrable de points communs. Ces ensembles ont donc tous la même mesure; l'ensemble somme étant mesurable, il vient $F(s) = 0$. Ceci établi, il résulte de l'additivité complète de la fonction F que, R étant un rectangle, F(R) tend vers zéro avec la largeur de la base de ce rectangle. Par hypothèse, les points x où $\psi(x)$ s'annule peuvent être enfermés dans un nombre fini d'intervalles de longueur totale très petite.

Le reste de l'intervalle (0, 1) peut être divisé en un nombre fini d'intervalles (α_i, β_i) $[i \leq k]$ si petits, que l'oscillation de la fonction ψ soit dans chacun d'eux très petite. Transformons chaque rectangle R_i de base (α_i, β_i) et de hauteur l, à l'aide de la transformation

$$x' = x, \qquad y' = y + \frac{a}{\psi(\alpha_i)}\psi(x).$$

Par conséquent

$$F(R_1) + \ldots + F(R_k) = F(R'_1) + \ldots + F(R'_k),$$

et comme, d'une part, l'ensemble $R_1 + \ldots + R_k$ diffère très peu du carré A et, d'autre part, $R'_1 + \ldots + R'_k$ diffère très peu de B (dans ce sens que la

différence entre ces ensembles peut être renfermée dans un nombre fini de rectangles de base ou de hauteur très petite), la différence $|F(A) - F(B)|$ est aussi petite que l'on veut. Donc $F(A) = F(B)$.

ÉLASTICITÉ. — *Sur les vibrations tournantes d'un corps limité par une surface de révolution.* Note de M. A. Lokchine, présentée par M. Mesnager.

La vibration étant symétrique relativement à l'axe du corps, l'équation du mouvement est

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(r^3 \frac{\partial p}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial r}\left(r^3 \frac{\partial p}{\partial r}\right) = \frac{\gamma}{gG} r^3 \frac{\partial^2 p}{\partial t^2};$$

p, l'angle dont tourne le cercle de rayon r, de la section transversale, distante de x de l'origine des coordonnées. Posons $p = F\cos(kt + \varepsilon)$, où F est une fonction de x et r, il vient

$$(1) \qquad \frac{\partial}{\partial x}\left(r^3 \frac{\partial F}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial r}\left(r^3 \frac{\partial F}{\partial r}\right) + m^2 r^3 F = 0, \qquad \text{avec } m^2 = \frac{\gamma k^2}{gG}.$$

Il faut intégrer l'équation (1) et satisfaire aux conditions $\frac{\partial p}{\partial n} = 0$ pour la surface libre et $p = 0$ dans la surface immobilisée. Introduisons les coordonnées ξ et η liées à x et r par $x + ir = f(\xi + i\eta)$. Nous aurons

$$(2) \qquad \frac{\partial}{\partial \xi}\left(r^3 \frac{\partial F}{\partial \xi}\right) + \frac{\partial}{\partial \eta}\left(r^3 \frac{\partial F}{\partial \eta}\right) + \frac{m^2}{h^2} r^3 F = 0; \qquad h^2 = \left(\frac{\partial x}{\partial \xi}\right)^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial \eta}\right)^2.$$

Pour la vibration du corps limité par une surface conique et des surfaces sphériques, prenons $x + ir = ce^{\xi + i\eta}$ et portons dans l'équation (2). Cela donne

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2} + 3\frac{\partial F}{\partial \xi} + \frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2} + 3c \operatorname{tang}\eta \frac{\partial F}{\partial \eta} + m^2 c^2 e^{2\xi} F = 0.$$

Considérons le mouvement vibratoire, où F ne dépend que de ξ,

$$F = \frac{1}{\rho^2}\left[A\left(\frac{\sin m\rho}{m\rho} - \cos m\rho\right) + B\left(\sin m\rho + \frac{\cos m\rho}{m\rho}\right)\right], \qquad \rho = ce^{\xi}.$$

Nous satisfaisons à la condition sur la surface conique $\frac{\partial F}{\partial \eta} = 0$.

Dans le cas du corps avec une extrémité pointue

$$F = A\frac{1}{\rho^2}\left(\frac{\sin m\rho}{m\rho} - \cos m\rho\right).$$

Si l'autre bout pour $\rho = R$ est fixe, on a pour mR l'équation $\tan g mR = mR$. La plus petite valeur de mR différente de zéro est $4,4934$; à celle-ci correspond $K = \frac{4,4934}{R}\sqrt{\frac{gG}{\gamma}}$. Passons à la vibration du corps limité par des surfaces paraboloïdales. Posons $x + ir = (\xi + i\eta)^2$. L'équation (2) devient

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2} + \frac{3}{\xi}\frac{\partial F}{\partial \xi} + \frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2} + \frac{3}{\eta}\frac{\partial F}{\partial \eta} + 4m^2(\xi^2 + \eta^2)F = 0.$$

Soit $F = uv$, où u ne dépend que de ξ et v de η. Les équations, qui définissent u et v, sont les suivantes :

$$\frac{d^2 u}{d\xi^2} + \frac{3}{\xi}\frac{du}{d\xi} + 4(m^2\xi^2 + \lambda)u = 0, \qquad \frac{d^2 v}{d\eta^2} + \frac{3}{\eta}\frac{dv}{d\eta} + 4(m^2\eta^2 - \lambda)v = 0.$$

Prenons les variables $s = \xi^2$ et $\zeta = \eta^2$; introduisons-les dans ces équations et posons $u = \varphi s$ et $v = \theta\zeta$. Nous obtenons

$$\frac{d^2\varphi}{ds^2} + \left(m^2 + \frac{\lambda}{s}\right)\varphi = 0, \qquad \frac{d^2\theta}{d\zeta^2} + \left(m^2 - \frac{\lambda}{\zeta}\right)\theta = 0.$$

Nous trouvons les valeurs de m et λ pour le corps pointu avec l'autre extrémité fixe, en résolvant le système des équations

$$u(\alpha) = 0, \qquad \left(\frac{dv}{d\eta}\right)_{\eta=\beta} = 0,$$

$u(0)$ et $v(0)$ doivent être finis, $\xi = \alpha$ au bout fixe et $\eta = \beta$ à la surface libre. Dans ce cas u et v sont sous la forme d'intégrales définies

$$u = A\int_0^1 \cos\left[2m\xi^2\left(z - \frac{1}{2}\right) + \frac{\lambda}{2m}\log\frac{z}{1-z}\right]dz;$$

$$v = B\int_0^1 \cos\left[2m\eta^2\left(z - \frac{1}{2}\right) - \frac{\lambda}{2m}\log\frac{z}{1-z}\right]dz.$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les mouvements permanents possibles d'un fluide pesant.* Note de M. **Henri Poncin.**

Nous considérons le mouvement permanent et irrotationnel d'un fluide pesant en écoulement sur une paroi courbe indéfinie S. Soient q le débit de cet écoulement, H la profondeur, V la vitesse limite en amont et f le potentiel complexe qui correspond au mouvement étudié. Nous avons

montré [1] comment on peut déterminer la fonction $z(F) = x(F) + iy(F)$ qui réalise la représentation conforme du domaine fluide sur une bande indéfinie D du plan $F = \frac{f}{q} - \frac{i}{2}$. Dans le cas où l'inclinaison de la paroi varie de façon continue d'amont en aval la fonction $z(F)$ est holomorphe dans D et sur son contour. Si l'on étudie les variations de la pression au sein du fluide on constate que le minimum de cette fonction est atteint en un point de S pour lequel la concavité est dirigée dans le sens de la verticale descendante. Si nous considérons d'autre part deux points d'une même ligne équipotentielle situés, l'un M sur la paroi solide, l'autre N sur la surface libre, les affixes de ces points sont liés par la relation $z(M) = e^{-iD}x(N) + ie^{-iD}y(N)$, qui permet d'exprimer la valeur de la pression au point M en fonction des éléments géométriques du profil libre au point N. La condition $p(M) > 0$ se traduit ainsi par certaines propriétés géométriques du profil libre. Dans le cas général, où la pression extérieure a une valeur donnée, l'écoulement permanent est physiquement impossible si cette pression est trop faible relativement au rayon de courbure minimum de la paroi. On peut alors concevoir l'existence de mouvements permanents pour lesquels le fluide cesse de glisser tout le long de la paroi et laisse au contact de celle-ci, suivant la manière dont a été amorcé le mouvement, soit une cavitation à pression constante soit une plage de fluide qui ne participe pas au mouvement. Dans ces conditions les formules

$$w = \frac{df}{dz}, \qquad f = \frac{2q}{\pi} \log\left[2\xi_{30}\left(-\frac{\omega_3}{i\pi}\log z\right)\right]$$

réalisent la représentation conforme du domaine fluide sur une demi-couronne circulaire $\rho < |z| < 1$. Les portions de S sur lesquelles glisse le fluide en amont et en aval ont leurs images sur l'axe réel du plan Z. Ceci posé, si nous désignons par $f(r, s)$ la valeur de la partie réelle de la fonction $\omega = i \log \frac{w}{V}$ au point $P(re^{is})$, par $g(r, s)$ la valeur de sa partie imaginaire et par $h(r, s)$ la dérivée de la partie réelle prise dans la direction OP, nous voyons que la fonction $\omega(Z)$ est déterminée par les conditions :

$$(1) \quad \begin{cases} \omega(-1) = 0; \\ f(r, 0) = \theta(X), \\ f(r, \pi) = \theta(X), \\ h(1, s) = \mu\,\varphi_1(s)\,e^{-3g(1,s)} \sin f(1, s), \\ \rho\,h(\rho, s) = \mu\,\varphi_2(s)\,e^{-3g(\rho,s)} \sin f(\rho, s). \end{cases}$$

---

[1] *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 17.

où $\mu = \frac{2g}{\pi}\frac{H}{V^2}$. $\theta(X)$ est une fonction donnée de X qui s'annule pour $X = \pm 1$ et où les fonctions $\varphi_1(s)$ et $\varphi_2(s)$ sont définies par les formules

$$\varphi_1(s) = \frac{\omega_3}{\pi}\left[\zeta\frac{\omega_3}{\pi}s - \zeta_3\frac{\omega_3}{\pi}s\right], \qquad \varphi_2(s) = \frac{\omega_3}{\pi}\left[\zeta_1\frac{\omega_3}{\pi}s - \zeta_2\frac{\omega_3}{\pi}s\right].$$

La fonction φ_2 est identiquement nulle dans le cas où il existe au contact de S une plage de fluide mort. La fonction ω_1, qui correspond à $\mu = 0$, s'obtient en utilisant une formule de M. H. Villat [1]

$$\omega_1(Z) = \frac{\omega_3}{\pi^2}\int_\rho^1 f(r,\pi)\left[\zeta_3\left(\frac{\omega_3}{i\pi}\log\frac{r}{Z}\right) - \zeta_3\left(\frac{\omega_3}{i\pi}\log rZ\right)\right]\frac{dr}{r}$$
$$-\frac{\omega_3}{\pi^2}\int_\rho^1 f(r,0)\left[\zeta\left(\frac{\omega_3}{i\pi}\log\frac{r}{Z}\right) - \zeta\left(\frac{\omega_3}{i\pi}\log rZ\right)\right]\frac{dr}{r}.$$

A partir de cette fonction nous pouvons définir une suite indéfinie de fonctions analytiques dans D en remplaçant les deux dernières conditions (1) par les conditions

$$(2)\qquad \begin{cases} h_n(1,s) = \mu\,\varphi_1(s)\,e^{-3g_{n-1}(1,s)}\sin f_{n-1}(1,s), \\ \rho\,h_n(\rho,s) = \mu\,\varphi_2(s)\,e^{-3g_{n-1}(\rho,s)}\sin f_{n-1}(\rho,s). \end{cases}$$

Les fonctions successives $f(r,s)$ ont alors pour expressions :

$$f_n(1,s) = f_1(1,s) + \mu\int_0^\pi e^{-3g_{n-1}(1,u)}\sin f_{n-1}(1,u)\varphi_1(u)M_1(u,s)\,du$$
$$-\mu\int_0^\pi e^{-3g_{n-1}(\rho,u)}\sin f_{n-1}(\rho,u)\varphi_2(u)M_2(u,s)\,du,$$
$$f_n(\rho,s) = f_1(\rho,s) + \mu\int_0^\pi e^{-3g_{n-1}(1,u)}\sin f_{n-1}(1,u)\varphi_1(u)M_2(u,s)\,du$$
$$+\mu\int_0^\pi e^{-3g_{n-1}(\rho,u)}\sin f_{n-1}(\rho,u)\varphi_2(u)M_1(u,s)\,du,$$

où $M_1(u,s)$ et $M_2(u,s)$ sont les noyaux symétriques

$$M_1(u,s) = -\frac{1}{\pi}\left[\log\frac{\sigma\frac{\omega_3}{\pi}|u-s|}{\sigma\frac{\omega_3}{\pi}|u+s|} + 2\eta_3\omega_3\frac{us}{\pi^2}\right]$$

et

$$M_2(u,s) = -\frac{1}{\pi}\left[\log\frac{\sigma_1\frac{\omega_3}{\pi}|u-s|}{\sigma_1\frac{\omega_3}{\pi}|u+s|} + 2\eta_3\omega_3\frac{us}{\pi^2}\right]$$

---

[1] *Rendiconti del Circolo mat. di Palermo*, **33**, 1912, p. 134, et *Acta math.*, **40**, 1916, p. 101.

et l'on démontre que si le paramètre μ est assez petit les fonctions ω_n convergent uniformément vers une fonction limite. A chaque fonction ω_n correspond dans le plan z un mouvement M_n. On peut en utilisant les formules obtenues déterminer le nombre n de façon telle que dans une région déterminée du plan z la distance des mouvements M_n et M soit arbitrairement petite ou bien de façon telle que l'oscillation de la pression sur le profil libre qui correspond au mouvement M_n soit arbitrairement petite. La forme même des approximations permet indépendamment de tout calcul de trouver certaines propriétés des mouvements approchés qui se transmettent au mouvement réel. Si la paroi S est décroissante d'amont en aval la fonction $f(s)$ qui définit l'inclinaison du profil libre admet comme dominante la solution de l'équation intégrale linéaire à noyau de Schmidt positif

$$F(s) = F_1(s) + \mu \int_0^\pi F(u)\varphi_1(u)M_1(u, s)\,du.$$

Le module τ des fonctions elliptiques qui interviennent dans ces calculs est arbitraire et les périodes s'en déduisent par la relation $\omega_1 = \pi\theta_2(0)\theta_2(0)$.

En faisant varier ce module on obtient ainsi une famille de mouvements permanents, physiquement possibles, correspondant à une paroi de forme donnée. Dans le cas limite où τ peut être nul on retombe sur le cas étudié dans une Note précédente.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie de la diffusion.* Note de M. B. **Hostinský**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit T l'intérieur d'un vase fermé rempli d'eau. Supposons qu'il n'y ait pas de courants visibles dans T et qu'un grand nombre de petits grains solides s'y meuvent indépendamment les uns des autres. Chaque grain se meut parce qu'il subit des chocs moléculaires de la part des molécules de l'eau et parce qu'il est soumis à l'action d'une force dont les composantes (X, Y, Z) sont fonctions données de la position (x, y, z) du grain. Le nombre u de grains par centimètre cube satisfait, d'après Smoluchowski (qui a considéré le mouvement sur une droite; voir *Annalen der Physik*, 4e série, 48, 1915, p. 1103), à l'équation

$$(1) \qquad \frac{\partial u}{\partial t} = D\Delta u - \beta\left[\frac{\partial(X_u)}{\partial x} + \frac{\partial(Y_u)}{\partial y} + \frac{\partial(Z_u)}{\partial z}\right]$$

dans T et à la condition

(2) $$D\frac{\partial u}{\partial n} - \beta F_n u = 0$$

sur la paroi Σ; D (coefficient de diffusion) et β sont deux constantes, F_n désigne la composante de la force (X, Y, Z) prise suivant la normale n de Σ.

Deux points $A(x_0, y_0, z_0)$ et $B(x, y, z)$ dans T étant donnés, cherchons à déterminer une fonction $u_0(A, B, t)$ par les conditions suivantes : u_0 satisfait, considérée comme fonction des coordonnées x, y, z de B, aux conditions (1) et (2), B étant différent de A; elle est positive et l'on a

(3) $$\iiint_T u_0(A, B, t)\, d\tau_B = 1 \quad \text{(pour tout point A et pour } t > 0\text{)},$$

$d\tau_B$ étant l'élément de volume en B; enfin

(4) $$\lim_{t=0} u_0(A, B, t) = 0 \quad \text{(si A est différent de B)}.$$

L'expression $u_0(A, B, t)\, d\tau_B$ donne la probabilité pour qu'un grain qui se trouve d'abord en A, soit, après t secondes, à l'intérieur de $d\tau_B$; elle est proportionnelle au nombre de grains qui se trouvent dans cet élément et qui, avant t secondes, étaient tous en A.

Supposons que u_0 puisse s'exprimer par une série de la forme

(5) $$\sum_{i=0}^{\infty} C_i(A)\, \varphi_i(B)\, e^{-\lambda_i t}$$

dont les coefficients C_i dépendent de A. Pour déterminer les fonctions φ_i et les constantes λ_i, substituons (5) à la place de u dans (1) et dans (2). L'équation aux dérivées partielles ainsi obtenue pour φ_i n'est pas identique avec son adjointe. La recherche des φ_i et des λ_i dépend d'une fonction de Green; cette fonction entre dans le noyau d'une équation de Fredholm homogène où figure une intégrale triple et une intégrale double. D'après Poincaré (*Leçons de Mécanique céleste*, 3, 1910, n°s 158-160), qui s'est occupé d'un problème analogue, les méthodes connues pour résoudre l'équation de Fredholm ordinaire s'appliquent encore à ce genre de problèmes sans modification essentielle.

2. Prenons, au lieu de (2), la condition plus simple $u = 0$ sur Σ. La fonction de Green s'annule dans ce cas sur Σ et l'intégrale double dans l'équation de Fredholm disparaît. Les fonctions φ_i sont alors solutions de

l'équation de Fredholm homogène ordinaire et elles forment avec les solutions $\psi_1, \psi_2, \ldots$ de l'équation adjointe un système biorthogonal et normal. Multiplions les deux membres de (5) par $\psi_i(B)$, intégrons par rapport à B, T étant le domaine d'intégration, et faisons ensuite tendre t vers zéro. Les conditions (3) et (4) montrent que le premier membre de (5) se réduit, après toutes ces transformations, à $\psi_i(A)$, de sorte que $C_i(A) = \psi_i(A)$; nous avons donc

$$u_0(A, B, t) = \varphi_0(B) + \sum_{i=1}^{\infty} \psi_i(A)\,\varphi_i(B)\,e^{-\lambda_i t}. \tag{6}$$

Ici $\varphi_0(B)$ désigne la limite de u_0 pour t infini. Dans le cas où il n'y a pas de forces (X, Y, Z), u_0 est symétrique en A et en B et l'on a $\varphi_0 = \text{const}$. La probabilité u_0 tend vers une valeur constante quand t augmente indéfiniment. Ce cas particulier est au fond identique avec le problème de la chaleur dans le conducteur T solide isotrope et homogène; la température u_0 tend vers une valeur constante quand t augmente indéfiniment. La question se pose si le développement (6) reste valable encore pour les conditions aux limites telles que (2).

3. S'il y a des courants variables dans T, la densité de probabilité $U(A, B, t, \tau)$ du passage de A en B dépend à la fois de sa durée t et de l'époque τ où le grain se trouve en A et l'on a

$$U(A, B, t+t', \tau) = \iiint_T U(A, M, t, \tau)\, U(M, B, t', \tau+t)\, d\tau_M, \tag{7}$$

d'après S. Chapman (*Proceedings of the Royal Society*, A, 119, 1928, p. 39). L'équation (7) admet des solutions de la forme $\Sigma \Phi_i(B) \Psi_i(A) f_i(t, \tau)$ où Φ_i et Ψ_i forment un système biorthogonal dans T et où les $f_i(t, \tau)$ satisfont à l'équation fonctionnelle

$$f(t+t', \tau) = f(t, \tau)\, f(t', \tau+t).$$

Sous certaines hypothèses une fonction U positive qui satisfait à (7) admet, pour t infini, une valeur limite qui ne dépend que du point B.

OPTIQUE. — *Nouvelle hypothèse sur le rayonnement et sur l'optique des corps en mouvement.* Note de M. A. Sesmat.

1. *Principe fondamental.* — La croyance à un éther mécanique autorisait, ou même imposait, l'idée d'un rayonnement dans tout l'espace. Dès qu'on

n'admet plus l'existence d'un tel éther, on est en droit de se demander si la continuité spatiale du rayonnement est réelle, ou si au contraire le champ électromagnétique n'est pas simplement une façon d'exprimer sous forme continue les lois de phénomènes qui n'intéressent que des corps placés ici et là, comme le champ newtonien exprime sous forme continue la loi d'attractions qui ne s'exercent qu'entre des masses disséminées dans l'espace. Ce doute est d'autant plus légitime qu'on n'observe jamais aucun phénomène de rayonnement en dehors de la matière. Il est donc souhaitable, comme Walther Ritz l'insinuait déjà en 1908 [1], qu'on puisse restreindre le rayonnement à des actions, ou relations, entre sources et récepteurs matériels.

2. *La courbe de poursuite.* — Partons de ce postulat. Admettons de plus un système de référence absolument privilégié pour les lois du rayonnement, le système où l'éther classique était immobile. Si tous les corps étaient fixes dans ce système absolu, les actions iraient des sources aux récepteurs à la vitesse c suivant les *droites* qui les joignent. Quand il s'agit de corps mobiles, les faits connus montrent que le mouvement de la source n'influe pas, tandis que le mouvement du récepteur influe, sur le temps de transmission. En quoi peut consister pour nous cette influence du mouvement du récepteur? Étant admis que le rayonnement ne se fait pas dans toutes les directions, on ne peut plus prétendre que le temps de transmission soit le temps de parcours à la vitesse c de la *droite* qui va du point de départ de l'action au point de réception. Ce dernier point en effet dépend lui-même de l'instant de la réception qu'il s'agit de trouver, et la droite en question n'est déterminée qu'à ce même instant.

Notre postulat exige qu'on ne tienne compte que de la position de la source au moment du départ de l'action, et des positions successives du récepteur à mesure qu'il les occupe. Mais alors on est conduit à dire que le temps de transmission est le temps de parcours, à la vitesse c, d'une *courbe de poursuite*, c'est-à-dire d'une courbe qui, commençant au point de départ de l'action, soit dirigée à tout instant vers la position actuelle du récepteur et se termine au point de réception, à un moment déterminé par la loi même de formation de la courbe et par le rapport de la vitesse v du récepteur et de la vitesse c de la lumière.

---

(1) Walther Ritz, *Recherches critiques sur l'Électrodynamique générale* (*Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, 13, 1908, p. 145-275). Étude reproduite dans *Gesammelte Werke Walther Ritz*. Paris, Gauthier-Villars, 1911, p. 317-426. Voir notamment, dans ce dernier Ouvrage, pages 331 et 368.

En quoi consiste l'action qui va ainsi de la source au récepteur? Qu'on nous permette de réserver cette question, et qu'on veuille bien voir simplement dans la courbe de poursuite et dans le voyage de l'action sur cette trajectoire un moyen de déterminer des durées de transmission, et surtout de calculer des *différences* de durées de transmission, différences qui paraissent bien être les seules données observables.

3. *Interférences.* — L'hypothèse de la courbe de poursuite conduit à une façon nouvelle de déterminer les interférences d'actions transmises par des miroirs ou vers des récepteurs *mobiles*. On fera toujours dépendre les interférences de deux actions — issues d'un même point lumineux et arrivant par deux chemins en un même point récepteur — de leur différence de marche : mais les différences de marche devront se compter sur des courbes de poursuite et non sur des droites.

4. *Réflexion.* — Une première application de ce principe des interférences généralisé donnera les lois de la réflexion pour un miroir et un récepteur entraînés dans une même translation rectiligne et uniforme (cas d'appareils immobiles par rapport à la Terre, la rotation étant négligée). Nous pouvons dire dès maintenant que les lois ainsi déduites sont *rigoureusement* les mêmes pour les corps entraînés que pour des corps qui seraient fixés dans le système absolu.

D'où, si l'on néglige les traversées des lentilles et des lames, et si l'on admet les lois classiques de la réfraction, une explication immédiate du résultat négatif de l'expérience de Michelson.

5. *Réfraction.* — Quant à la réfraction, le problème est plus complexe, puisqu'il faut faire intervenir les particules du milieu transparent. Toutefois nous pouvons signaler ici deux conséquences de nos hypothèses : c'est, d'abord, que la traversée d'un milieu matériel peut s'interpréter, au moins du point de vue *formel*, comme une suite d'actions de proche en proche se transmettant d'une particule à la suivante à la vitesse c, mais avec un *temps d'arrêt* à chaque particule, si bien que le ralentissement de la vitesse globale, $c_n < c$, dépendrait de la durée de ces arrêts ; c'est ensuite que la transmission à la vitesse c des actions de particule à particule doit se faire sur de petites droites quand le milieu est au repos, sur de petites courbes de poursuite quand il est en mouvement.

6. *Remarque.* — Une condition nécessaire, d'après notre principe, pour que tous les corps du monde puissent échanger deux à deux de l'énergie par rayonnement est qu'aucun d'eux n'ait dans le système absolu une vitesse rectiligne aussi grande que celle de la lumière.

On pourrait postuler, pour cette raison, la limitation des vitesses, et admettre une loi de variation des masses telle que la masse d'un corps deviendrait infinie si sa vitesse atteignait la valeur c. Les formules relativistes sont acceptables ici, à condition que m_0 s'entende de la masse du corps au repos dans le système absolu, et m_v de sa masse quand il a dans ce même système la vitesse v.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur un dispositif permettant l'amplification des courants photo-électriques faibles, et son application à l'enregistrement du flux lumineux provenant des étoiles.* Note de M. **Pierre Lejay**, présentée par M. G. Ferrié.

J'ai étudié précédemment [1] les conditions d'emploi des lampes amplificatrices ordinaires comme électromètres. Leur sensibilité peut atteindre 10^{-5} ampère par volt, alors que les courants de fuite de l'électrode de contrôle peuvent être réduits à 10^{-12} ampère.

Ce genre d'électromètres s'appliquait très bien à la mesure des différences de potentiel fournies par des sources de courant qui ne pouvaient débiter plus de 10^{-9} ampère. Je l'ai en particulier utilisé pour la mesure du gradient électrique de l'atmosphère, au sol à l'aide de prises de potentiel ordinaires, et M. Idrac a fait les mêmes mesures dans la haute atmosphère avec des ballons-sondes.

Depuis ces recherches un nouveau type de triode électromètre a été mis au point. Sa sensibilité est environ le double de celle que j'avais obtenu avec les lampes du commerce, et les courants de fuite ont été réduits à quelque 10^{-15} ampère.

J'ai repris les recherches précédentes avec cette nouvelle valve.

En reliant directement l'électrode de contrôle à la cathode d'une cellule photo-électrique, on isole un conducteur dont le potentiel mis préalablement à une valeur convenable au moyen d'un contact auxiliaire, ne sera plus modifié que par les charges reçues à ses deux extrémités. Or de légères variations de ce potentiel n'entraînent que des variations insignifiantes des courants de fuite de la cellule, tandis qu'elles provoquent des variations considérables des fuites de l'électromètre. Il arrive un moment où les fuites

(1) P. Lejay, *Les perturbations orageuses du champ électrique*, p. 32, (Chiron. 1926); *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2171, et 181, 1925, p. 678.

étant égales et opposées un équilibre s'établit. Cet équilibre est stable; en effet lorsque le potentiel du conducteur s'élève il reçoit de la lampe électromètre des charges négatives en plus grand nombre, ce qui tend à ramener le potentiel à sa valeur primitive.

Si l'on fait alors tomber sur la cellule un flux lumineux, le potentiel du conducteur variera du fait de l'accroissement de charges reçues de la cellule, et l'état d'équilibre qui s'établira sera différent du précédent. Il en résultera une variation du courant de plaque de l'électromètre, qu'il est facile d'amplifier par les procédés connus.

La stabilité de l'ensemble est telle qu'on peut pousser cette amplification à une valeur extrêmement élevée, et obtenir par conséquent des variations de courant aussi grandes qu'on veut pour des flux lumineux faibles tombant sur la cellule.

Pratiquement on ne sera limité que par les fluctuations accidentelles des fuites de la cellule. Lorsque les courants produits par les flux lumineux ne dépasseront plus notablement les fluctuations, ils seront masqués par celles-ci et l'enregistrement ne sera plus lisible.

Pour faciliter les réglages et augmenter la stabilité, j'ai disposé de plus dans l'instrument réalisé une chambre d'ionisation dans laquelle plonge un petit plateau relié au conducteur isolé. Un diaphragme d'appareil photographique détermine la surface utile du corps radioactif placé immédiatement au-dessous. On peut ainsi régler la valeur de la résistance de fuite supplémentaire ainsi constituée, et en agissant sur la tension appliquée à la chambre on peut faire varier à volonté le courant qui la traverse.

Grâce à ce dispositif, il devient très facile de se placer dans la région convenable de la caractéristique de fuite de l'électromètre, et de régler le potentiel d'équilibre du conducteur isolé de telle sorte que la dernière lampe de l'amplificateur travaille au milieu de la partie rectiligne de sa caractéristique.

Pratiquement, le dispositif ainsi constitué permet *d'enregistrer facilement*, avec un oscillographe inscripteur à encre, les phénomènes les plus difficilement observables visuellement avec les électromètres à fil les plus sensibles.

Ainsi, au cours d'une nuit d'observation très brumeuse, la lumière tombant directement de Jupiter sur la cellule, sans objectif, a pu donner des variations de courant de 30 milliampères par seconde à la sortie d'un amplificateur à cinq étages; une étoile de grandeur 2,2 donnait encore, avec un objectif de 18^{cm}, une variation de 10 milliampères par seconde, avec une

déviation totale de 20 milliampères avant stabilisation. On peut admettre que l'absorption dans ce dernier cas, tant par la brume du ciel que par les miroirs qui dirigeaient le faisceau lumineux sur l'objectif, réduisait l'éclat de plusieurs grandeurs.

On peut remarquer sur les enregistrements obtenus que les départs sont instantanés, et la pente proportionnelle à l'intensité lumineuse, ainsi que la déviation totale.

L'instrument pourrait donc servir soit à l'enregistrement du passage de l'astre dans les observations méridiennes, soit à la mesure des intensités, comme photomètre enregistreur.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Appareil pour observer les phénomènes d'injection dans l'air comprimé.* Note [1] de M. **Clerget**, présentée par M. G. Kœnigs.

Dans les moteurs thermiques où le combustible est injecté vers la fin de compression à haute pression, il est essentiel de pouvoir contrôler toutes les circonstances de durée du jet, de vitesse et puissance de pénétration, de diffusion, de discontinuité dans le débit ainsi que la réflexion contre les parois des jets pénétrants.

Les phénomènes sont très différents suivant que l'on opère à la pression atmosphérique ou dans l'air comprimé, par suite de l'augmentation de densité et partant de la résistance du milieu.

Les conditions que doit remplir l'appareil c'est de se rapprocher aussi près que possible de celles du fonctionnement dans le moteur, notamment d'utiliser les organes mêmes du moteur, c'est-à-dire les appareils d'injection au régime d'utilisation.

Les vitesses de rotation adoptées donnant une grande fréquence des jets, il est indispensable d'assurer le balayage de ceux-ci après chaque injection pour permettre une observation convenable et obtenir des photographies nettes.

L'appareil se compose d'une chambre en acier très résistante, de forme cylindrique, pourvue de hublots en cristal de dimensions suffisantes. Une source lumineuse permet, suivant la position qu'elle occupe, d'observer les jets par transparence, réflexion ou éclairage dans l'axe.

---

(1) Séance du 26 janvier 1931.

Une tuyère conique pourvue intérieurement de directrices alimente la chambre en air comprimé, celle-ci étant en communication permanente avec un compresseur assurant un débit régulier.

La partie inférieure de la chambre se termine par une tuyère convergente pourvue d'une soupape dont la levée est synchronisée avec le mécanisme d'injection. La levée de cette soupape est variable et réglable en marche par le déplacement d'une came conique.

Le fonctionnement est le suivant : Au régime choisi pour l'observation et pour un débit donné on règle la levée de la soupape de façon a assurer un balayage efficace de chaque injection, un manomètre ou mieux un indicateur de pression indique les variations et la pression au moment de l'injection.

Un réglage convenable donne le minimum de turbulence à l'air comprimé se renouvelant dans la chambre et l'on obtient ainsi des images d'une grande netteté. En observation directe on voit l'ensemble du phénomène, le volume du jet, les variations de longueur de pénétration aux différentes pressions.

Cet appareil se prête particulièrement bien aux observations stroboscopiques et à la cinématographie synchronisée.

Grâce au concours de MM. Seguin frères et à leur appareil *Stroborama* (déjà présenté à l'Académie) [1], des photographies ont pu être obtenues dans de bonnes conditions, l'adjonction d'un condensateur de forte capacité permettant de réduire la pose au millionième de seconde.

On a pu se rendre compte de phénomènes résultant de l'élasticité des tuyautages, de l'amortissement des ressorts et de l'inertie de la colonne liquide. Des photographies obtenues à des intervalles rapprochés ont permis de mesurer la vitesse de pénétration des jets. L'éclairage simultané d'un disque gradué monté sur l'arbre de la pompe indique la durée angulaire de l'injection et le déphasage entre la partie mécanique et les positions du jet observé.

La cinématographie s'applique avec facilité sur cet appareil, tous les mouvements pouvant être synchronisés.

Sur le moteur Clerget à huile lourde, avec pulvérisateur à un seul orifice obturé par aiguille se levant automatiquement sous la pression d'injection, pour une vitesse de rotation correspondant à 1040 t/min du moteur :

1° La durée totale d'injection est de $\frac{1}{360}$ de seconde ; la vitesse moyenne

---

(1) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 539.

de pénétration du jet a été de 130 m/sec à la pression atmosphérique, et de 32,4 m/sec dans l'air comprimé à 28 Hpz pour une pression d'injection de 200 Hpz.

2° En enveloppant d'une courbe les sommets successifs des jets obtenus avec cinq images successives pendant la durée de développement du jet, on a constaté que cette courbe est sensiblement la dérivée du profil de la came commandant le piston de la pompe.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'absorption des rayons β par la matière*. Note de MM. **Georges Fournier** et **Marcel Guillot**, présentée par M. Jean Perrin.

Dispositif expérimental. — Dans le but d'étendre les résultats obtenus par l'un de nous (1) concernant l'absorption des rayons β par la matière, nous avons utilisé un dispositif expérimental légèrement modifié par rapport au précédent. L'électromètre de mesures, le quartz piézo-électrique destiné à compenser le courant d'ionisation, et la chambre d'ionisation elle-même, sont disposés très près les uns des autres, de façon à éviter l'emploi de tiges de connexion. La haute tension nécessaire au fonctionnement est fournie non plus par une batterie de petits accumulateurs, mais par un ensemble transformateur-redresseur, précédemment décrit (2), alimenté sur le secteur alternatif. Une chambre de compensation de même capacité électrostatique que la chambre d'ionisation, mais chargée de signe contraire, annule le *mouvement propre* dû à l'action du milieu ambiant et les effets des variations de tension du secteur. La chambre d'ionisation a son axe horizontal, ce qui permet de placer verticalement les minces cuves de verre à faces parallèles contenant les liquides dans lesquels on étudie l'absorption. En outre, la chambre de compensation, à axe vertical, peut servir de chambre d'ionisation pour l'étude des solides pulvérulents disposés horizontalement (la chambre à axe horizontal servant alors à la compensation). La source de rayonnement est constituée par une préparation de Ra (D + E).

Résultats. — Notre effort a particulièrement porté sur les métalloïdes parmi lesquels, seuls, le soufre et le carbone avaient été étudiés aupara-

---

(1) Voir principalement Georges Fournier, *Thèse*, Paris, 1927 (Masson).

(2) *Journal de Physique et le Radium*, 6e série, 9, février 1928, p. 71.

vant. En effet G. Fournier (*loc. cit.*) avait principalement mesuré les coefficients d'absorption des rayons β dans les métaux, qu'on peut aisément obtenir en lames minces, ce qui facilite les mesures. Les métalloïdes, au contraire, doivent être étudiés soit sous forme de poudre (et il est très délicat d'obtenir des couches uniformes), soit liquides, à l'intérieur de cuves de verre à faces parallèles d'épaisseur suffisamment petite et à parois suffisamment minces. En raison des difficultés expérimentales qui en résultent, nous avons dû nous borner momentanément aux corps mentionnés dans le tableau ci-dessous. Nous donnons leurs coefficients massiques d'absorption par rapport aux rayons β du Ra(D + E), $\frac{\mu}{\rho}$, définis par l'équation d'absorption

$$I = I_0 e^{-\frac{\mu}{\rho}\frac{m}{s}} \quad \left(\frac{m}{s}, \text{ masse superficielle de l'absorbant}\right)$$

et calculés d'après les courbes logarithmiques expérimentales comportant chacune le plus grand nombre possible de déterminations.

Numéro atomique.	Élément.	Forme sous laquelle il a été étudié.	Coefficient massique d'absorption.
5	Bore	amorphe, en poudre.	16,4
15	Phosphore blanc	liquide, surfondu ou non, en cuves de verre.	20,9
15	Phosphore blanc	solidifié dans les cuves de verre.	20,9
15	Phosphore rouge	solide, en poudre.	20,2
23	Vanadium	id.	19,7
33	Arsenic	id.	20,9
35	Brome	liquide, en cuves de verre.	23,0
11	Sodium	en plaques obtenues par compression et protégées par pellicule d'huile.	16,8

Interprétation des résultats. — 1° On ne trouve aucune différence entre les ceefficients d'absorption du phosphore blanc *solide* ou *liquide* (la masse superficielle reste constante malgré la légère variation de densité, les parois très minces des cuves étant facilement déformables).

2° Il semble exister une légère différence entre les coefficients d'absorption des deux formes allotropiques du phosphore.

3° En se basant sur les déterminations relatives à un grand nombre de métaux différents, G. Fournier avait montré que leurs coefficients massiques d'absorption vis-à-vis des rayons β du Ra(D + E) pouvaient être

calculés, aux erreurs d'expérience près, par la relation linéaire

$$(1)\qquad \frac{\mu}{\rho} = 15 + 0,142.N \qquad \text{(N, numéro atomique du métal).}$$

Le carbone, sous forme de graphite, satisfaisait également à cette relation, tandis que le soufre faisait nettement exception $\left(\frac{\mu}{\rho}\right.$ expérimental : 18,53; calculé, 17,27$\left.\right)$. Le tableau ci-dessus montre que le sodium se comporte bien comme un métal, satisfaisant à la relation (1), tandis que les divers métalloïdes ont, comme le soufre, un coefficient massique d'absorption *plus grand* que celui que l'on calcule d'après cette relation (écart allant de 4 à 19 pour 100).

4° Le fait que seul, parmi les métalloïdes étudiés, le graphite se comporte comme les métaux, peut donner à penser que ce sont les corps conducteurs de l'électricité qui satisfont à la relation (1). Des recherches sont en cours pour éclaircir ce point et apporter des renseignements concernant de nouveaux corps simples.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude cryoscopique du paraldéhyde, dans les solutions de chlorures de calcium et de strontium.* Note de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons montré [1] l'intérêt qui s'attache à la détermination directe de la constante cryoscopique des solutions salines, et comment le paraldéhyde permettait de résoudre le problème, dans le cas des solutions étendues de chlorures de potassium et de sodium et dans le cas du chlorure de baryum à toute concentration.

Nous avons fait une semblable étude pour les solutions de chlorures de calcium et de strontium.

I. Solutions de chlorure de calcium. — *a. Cryoscopie du paraldéhyde, dans les solutions de* Cl^2Ca 0,25 M. — On a :

Concentration.	Poids pour 100g de H^2O.	ΔC.	K_c.	
0,125	1g,684	0°,284	22,25	
0,250	3,421	0,585	22,57	
0,375	5,215	0,893	22,60	
0,500	7,064	1,198	22,38	K_c moyen = 22,40
0,625	8,972	1,522	22,38	
0,750	10,952	1,845	22,24	

[1] F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 585, et **191**, 1930, p. 1062.

L'abaissement de Cl^2Ca pur est 1°,231. Dans tout ce travail, K_c est calculé dans l'hypothèse de la molécule triple $(C^2H^4O)^3$; K_c se présente comme constant, indice d'une non-dépolymérisation de la molécule. Une solution de Cl^2Ca 0,25 M possède donc une constante cryoscopique de 22,4. M. Tuttle [1] avait trouvé 23,6 par voie indirecte.

b. Cryoscopie du paraldéhyde dans les solutions de Cl^2Ca 0,6125 M. — On a :

Concentration.	Poids pour 100g de H^2O.	ΔC.	K_c.	
0,125	1g,698	0°,358	27,82	K_c moyen = 27,67
0,250	3,449	0,729	27,90	
0,375	5,259	1,115	27,98	
0,500	7,123	1,478	27,39	
0,550	7,886	1,628	27,25	

L'abaissement de Cl^2Ca pur est ΔC = 3°,320. On voit que là encore K_c est constant quand la concentration change, et l'on peut dire que la molécule de paraldéhyde est stable, dans les solutions de Cl^2Ca 0,6125 M, comme dans les solutions de chlorure de baryum à la même concentration. La constante cryoscopique est ici 27,67, alors que M. Tuttle avait trouvé 28,6 indirectement, par la méthode des premiers passages par zéro.

II. Solutions de chlorure de strontium. — *c. Cryoscopie du paraldéhyde, dans les solutions* Cl^2Sr 0,25 M. — On a :

Concentration.	Poids pour 100g de H^2O.	ΔC.	K_c.	
0,125	1g,686	0°,297	23,25	K_c moyen = 23,00
0,250	3,425	0,594	22,90	
0,375	5,221	0,913	23,08	
0,500	7,072	1,225	22,87	
0,625	8,987	1,559	22,90	
0,750	10,965	1,908	21,97	

Pour Cl^2Sr pur, ΔC = 1°,224. Le paraldéhyde est donc stable, puisque K_c est constant, dans les solutions de Cl^2Sr 0,25 M, et ce dernier milieu, possède une constante cryoscopique C_c = 23,00.

Aucune mesure indirecte de ce paramètre n'avait été faite dans les solutions de Cl^2Sr.

d. Cryoscopie du paraldéhyde, dans les solutions de Cl^2Sr 0,6125 M. — On a :

---

(1) Ch. Tuttle, *Journ. de Chim. phys.*, 27, 1930, p. 307-328.

Concentration.	Poids pour 100g de H^2O.	ΔC.	K_c.	
0,125	1g,703	0°,366	28,37	
0,250	3,458	0,747	28,51	
0,375	5,273	1,145	28,66	K_c moyen = 28,53
0,500	7,142	1,553	28,70	
0,550	7,907	1,703	28,43	

Pour Cl^2Sr pur, $\Delta C = 3°,265$. Le paraldéhyde est encore stable dans les solutions de Cl^2Sr 0,6125M, et un tel milieu, est caractérisé par une constante cryoscopique $K_c = 28,53$.

En résumé, le paraldéhyde est parfaitement stable, dans les solutions de chlorures alcalino-terreux à toutes les concentrations étudiées, ceux-ci se comportant, comme des milieux stabilisants de sa molécule. Cette méthode directe de détermination de la constante cryoscopique de ces solutions fournit des résultats qui diffèrent au plus de 5 pour 100 de ceux offerts par la méthode indirecte des premiers passages par zéro.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude sur la structure du soufre mou.* Note de MM. **J.-J. Trillat** et **J. Forestier**, présentée par M. de Broglie.

On sait que le soufre fondu, coulé au-dessus de 230° dans l'eau froide, se présente sous la forme d'une matière plastique amorphe, qui se transforme peu à peu, et reprend l'état cristallin au bout d'un temps variable suivant les conditions de préparation, mais qui n'excède jamais 2 ou 3 jours [1]. Nous avons constaté que cette variété de soufre pouvait s'étirer, et conserver un allongement permanent très important (800 à 1000 pour 100) sous l'action d'une traction *rapide* (effectuée en une seconde environ); dans cet état, le fil de soufre a perdu une partie de sa transparence, presque toute son élasticité, et il offre à la traction lente une résistance beaucoup plus élevée qu'avant étirement. Nous avons cherché à élucider la nature de cette transformation dont on retrouve un exemple du même genre dans le caoutchouc étiré et refroidi (caoutchouc de Feuchter) et les fils ou films en cellulose (ou dérivés cellulosiques) étirés.

---

[1] Dussy, *Comptes rendus*, 123, 1896, p. 305. — Malus, *Comptes rendus*, 130, 1900, p. 1708. — Smith et Holmes, *J. Am. Chem. Soc.*, 27, 1905, p. 797. — Kastle et Kelley, *Am. Chem. Journ.*, 32, 1904, 484.

Le soufre que nous avons utilisé était recristallisé dans CS^2, puis soumis à une ébullition prolongée (2 à 3 heures) suivie de plusieurs fusions et cristallisations successives pour éliminer toute trace de gaz ou vapeurs étrangers, parmi lesquels le sulfure de carbone, dont une quantité minime suffit à provoquer la transformation rapide du soufre mou en soufre cristallisé; il était ensuite chauffé jusqu'à l'ébullition, puis coulé dans un filet d'eau à 15° C.; nous l'obtenions ainsi sous forme de fils de $0^{mm},5$ de diamètre environ, qui étaient étirés aussitôt.

La charge de rupture du fil non étiré est inférieure à 70 grammes par millimètre carré, celle du fil qui a subi un allongement permanent oscille entre 9 et 10 kilogs par millimètre carré (durée de la mise en charge : 30 secondes), chiffres voisins de ceux donnés par les métaux légers; un phénomène semblable a été signalé pour le caoutchouc et la cellulose [1].

L'examen au microscope polarisant montre que le fil, amorphe avant étirement, présente maintenant le caractère d'une fibre cristalline, dont un axe optique serait parallèle à la direction de la traction subie; l'examen microscopique en lumière directe de la cassure du fil étiré, permet de voir que ce dernier est constitué par une agglomération de fibrilles, dont l'étude aux rayons X va nous permettre d'établir la structure.

Les spectrogrammes X obtenus immédiatement après l'étirement des fils (anticathode cuivre 20 milliampères, 30 kilovolts, durée de la pose : 6 heures, film plan) présentent les caractéristiques des diagrammes de fibre (Faser diagrammes) et montrent des lignes de couche hyperboliques (Schichtlinien) accentuées, avec une ligne équatoriale perpendiculaire à l'axe du fil, ce qui indique : 1° que le soufre n'est plus amorphe; 2° qu'il existe une orientation privilégiée des plans réticulaires analogue à celle que l'on observe par exemple pour les fils métalliques étirés, les fils cellulosiques, le caoutchouc étiré.

La mesure des distances entre les diverses lignes de couche donne pour la valeur de la période d'identité suivant l'axe de la fibre : 9,35 Å. Cette valeur diffère très notablement de celles trouvées pour les trois paramètres du soufre orthorhombique [$a = 10{,}61$; $b = 12{,}87$; $c = 24{,}56$ [2]], et pour les distances entre deux nœuds consécutifs sur les diagonales des faces du prisme V_h^{24}. Il paraît donc certain que le soufre cristallin obtenu par

---

(1) K. H. Meyer et H. Mark, *Aufbau der Hochpolymeren organischer Naturstoffe*, p. 202.

(2) Mark et Wigner, *Zeit. Phys. Chem.*, 3, 1924, p. 398.

étirement rapide du soufre mou n'a pas la même structure ou les mêmes paramètres que le soufre orthorhombique stable à la température ordinaire. Par contre, si on laisse cristalliser un fil de soufre non étiré, on trouve des anneaux complets de Debye-Scherrer, coïncidant avec ceux du soufre orthorhombique pulvérisé; dans ce cas, la cristallisation se produit donc normalement, sans orientation.

D'autre part, il est important de noter que la structure des fils étirés varie en fonction du temps; il apparaît de nouveaux arcs de cercle coïncidant en position avec les anneaux du soufre orthorhombique. Cette évolution peut être attribuée au retour de la forme cristalline, obtenue par étirement rapide, à la forme orthorhombique normale, celle-ci présentant encore une orientation notable dans le fil. Ceci est à rapprocher en outre avec le fait que le fil récemment étiré est souple, tandis qu'après quelques jours, il devient cassant.

Le soufre mou paraît donc ressembler par certains points au caoutchouc et à la cellulose, il en diffère au contraire par d'autres. Ceci sera examiné en détail dans un autre Mémoire.

Enfin nous avons constaté de plus, au cours de cette étude, que les rayons X activaient d'une manière considérable la recristallisation du soufre mou, non étiré, une exposition de quelques minutes suffisant à provoquer une transformation visible au microscope en lumière polarisée. Les actions de ce genre, dues aux rayons X, sont rares, et il nous a paru important de signaler également ce phénomène dans cette Note.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation catalytique des amylènes.* Note de MM. A. Mailhe et Renaudie.

En chauffant l'amylène en tube scellé, pendant 32 jours, Engler et Routala [1] ont obtenu un liquide de $D_{15} = 0,7737$, bouillant jusqu'à 300°, dans lequel ils ont identifié des oléfines, des carbures forméniques et des naphtènes. Il s'est formé, en même temps, un gaz à 10 pour 100 d'hydrogène et 38 pour 100 de carbures saturés.

Nous avons poursuivi sur l'amylène nos essais de condensation catalytique des carbures éthyléniques, à la pression ordinaire, en présence de silicagel. Deux carbures ont été étudiés : l'isoamylène $(CH^3)^2CH.CH = CH^2$ et le pentène-2, $CH^3CH = CH.CH^2CH^3$.

---

(1) *Berichte d. chem. Ges.*, 42, 1909, p. 4620.

1° *L'isoamylène*, dirigé en vapeurs sur une traînée de silicagel placée dans un tube de quartz de 60^{cm} de longueur, chauffé à 670°, a fourni : *a*. des gaz; *b*. un goudron léger; *c*. de l'essence retiré des gaz par passage sur charbon activé.

Les gaz sont formés principalement de 47 pour 100 de carbures éthyléniques, 38 pour 100 de méthane, 7 pour 100 d'hydrogène. Les carbures éthyléniques sont constitués surtout par de l'éthylène et du propylène. Le goudron et l'essence mélangés, soumis à la rectification, ont fourni les fractions suivantes :

		$D_{12°}$.	n_D^{16}.	Indice d'iode.
40°– 50°..............	26^{cm}	0,6488	1,3983	341
50– 60..............	20	0,7097	1,4141	262
60– 70..............	14	0,7397	1,4292	223
70– 80..............	15	0,7736	1,4462	181
80– 90..............	12	0,8147	1,4699	121,5
90–100..............	22	0,8393	1,4801	98,5
100–110..............	16	0,8555	1,4884	72,3
110–120..............	25	0,8612	1,4917	68,8
120–130..............	17	0,8635	1,4945	67,0
130–140..............	19	0,8682	1,4975	79,1
140–150..............	9	0,8741	1,5023	91,4
150–160..............	10	0,8804	1,5067	103
160–180..............	11	0,8946	1,5166	117
180–200..............	15	0,9243	1,5372	121,5
200–250..............	19	0,9868	1,5745	90,8
250–280..............	4	1,006	trop sombre	67
280–300..............	8	1,045	»	38

Le résidu de la distillation est un brai qui fond à 80°.

La première fraction est constituée par de l'isoamylène non modifié. Les autres sont des mélanges de carbures non saturés et aromatiques, ainsi que l'indiquent les densités et indices d'iode. Dans les fractions qui distillent à 70-80°, 80-90°, on trouve la benzine accompagnée d'une assez forte proportion de carbures non saturés. Ceux-ci diminuent rapidement dans les fractions suivantes jusqu'à 130°, pour croître ensuite de nouveau jusqu'à 200° et s'abaisser au-dessus.

Dans la fraction 100-110° se trouve le toluène, caractérisé par son dérivé dinitré; la nitration de la fraction 130-140° a conduit au trinitrométaxylène.

Le fractionnement montre que, s'il y a une forte proportion de benzine,

il s'est formé également des quantités importantes de toluène et de xylène.

2° *Le pentène-2* fournit également, par condensation sur silicagel, à 650-670°, des gaz, un goudron noir et une essence de densité 0,77.

Le gaz renferme 52 pour 100 d'éthyléniques formés surtout de propylène et de butylène, 34 pour 100 de méthane et 5-6 pour 100 d'hydrogène.

L'essence a donné par rectification :

	cm³	D_{15}.	n^D_{20}.	Indice d'iode.
Avant 50°	8	0,6814	1,4037	301
50– 70	7	0,7414	1,4296	214
70– 80	7	0,8035	1,4611	125
80– 90	10	0,8475	1,4824	81
90 100	7	0,8591	1,4896	63
100–120	5	0,8632	1,4941	71
120–160	3	0,8834	1,5075	106

Le goudron a fourni les fractions suivantes (début de la distillation, 35°):

	cm³	D_{15}.	n^D_{20}.	Indice d'iode.
De 35 à 55°	9,5	0,7024	1,4075	263
55 65	12	0,7121	1,4154	252
65 75	8	0,7396	1,4292	212
75 90	11	0,7786	1,4495	177
90 100	8	0,826	1,4724	118
100 120	15	0,8558	1,4888	116
120 140	10	0,8683	1,4991	90
140 170	9	0,8922	1,5163	117
170 200	6	0,9295	1,5459	130
200 à 300	11,5	1,0034	1,4970	88

Il reste un brai qui fond à 53° (au Kräemer).

Les fractions du début de l'essence et du goudron renferment surtout du pentène non transformé; celles qui suivent sont encore des mélanges d'hydrocarbures aromatiques et non saturés. Ceux-ci présentent encore un minimum à 130-140°. La benzine, le toluène, le xylène sont facilement identifiés par leurs dérivés nitrés dans les différentes fractions distillant de 75 à 140°.

Ces résultats montrent qu'à la manière des carbures éthyléniques gazeux les pentènes liquides peuvent se transformer à la pression ordinaire en carbures aromatiques et éthyléniques de rang plus élevé.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Application de l'effet antioxygène au problème de la lutte contre l'incendie. Catalyse négative de l'ignition du charbon.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Raymond Horclois**, présentée par M. Délépine.

En vue d'étendre à la lutte contre l'incendie les applications de l'effet antioxygène, nous avons recherché si la combustion, oxydation à haute température, était sensible à la catalyse antioxygène. Dans l'affirmative, on pourrait espérer la réalisation d'un procédé catalytique d'extinction qui éviterait certains inconvénients des procédés actuels, basés sur l'emploi massif de matières antiincendiaires. Les expériences qui font l'objet de la présente Note ont porté sur l'ignition d'un combustible fixe, le charbon de bois; d'autres sont en cours sur les flammes.

a. Un petit fourneau cylindrique, vertical, étanche, est muni en bas d'une tuyère et latéralement d'une fenêtre longitudinale étroite, fermée par du mica transparent. On le charge de braise de boulanger allumée, et l'on assure l'embrasement de la masse par injection d'air à une vitesse réglée. Dès que l'incandescence est devenue uniforme, on substitue à l'air insufflé le gaz ou le mélange gazeux soumis à l'étude. Les répercussions sur le régime de la combustion sont appréciées par l'un des procédés pyrométriques usuels (pile thermo-électrique).

Pour la mesure des concentrations actives minima, ou seuils d'activité, on remplace l'observation pyrométrique par l'observation visuelle, beaucoup plus sensible (disparition de la flamme d'oxyde de carbone).

Chaque série d'essais comporte, à titre de comparaison, une extinction par étouffement proprement dit : on l'obtient en arrêtant brusquement l'adduction d'air, en même temps qu'on obture la gueule du fourneau.

b. Nous avons expérimenté d'abord les extincteurs commerciaux, afin de rechercher si, en dehors de leur action massive bien connue, ces corps n'auraient pas également sur le feu une action d'ordre catalytique.

Sans préjuger de ce qui peut avoir lieu réellement dans la pratique des extinctions, nous croyons être en mesure d'affirmer que l'un des antiincendiaires les plus appréciés, le tétrachlorure de carbone, CCl^4, est un catalyseur négatif de l'ignition. L'air qui en est chargé par barbotage détermine la même extinction que l'étouffement (*fig.* 1). En d'autres termes, il est équivalent pour un brasier d'être complètement privé d'air ou bien d'être alimenté avec de l'air chargé de vapeurs de tétrachlorure.

Or, dans les conditions de nos expériences, les vapeurs de ce corps n'atteignent que la concentration de 5 pour 100 environ; par suite la concentration de l'oxygène ne se trouve abaissée que de 21 à 20 pour 100. Un appauvrissement en oxygène aussi peu marqué ne saurait évidemment expliquer l'extinction du charbon : d'ailleurs, vérification faite, la diminution à 20 pour 100 de la teneur en oxygène, quand le seul diluant est l'azote, n'atténue qu'à peine l'incandescence.

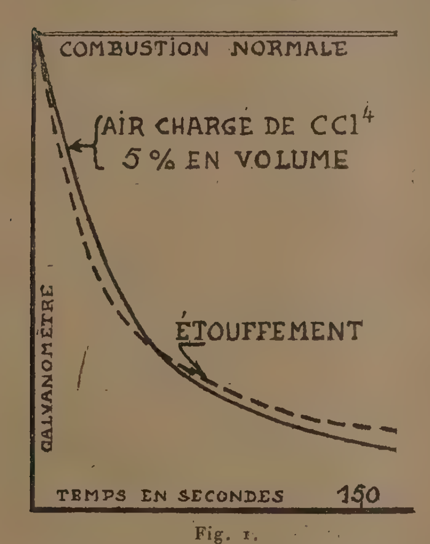


Fig. 1.

Fig. 2.

On s'est assuré, d'autre part, que l'on ne rétablissait pas une combustion normale en ajoutant au mélange air-vapeurs un appoint d'oxygène, jusqu'à atteindre et même dépasser largement la teneur de l'air atmosphérique. Ainsi, un air chargé de vapeurs chlorocarboniques et enrichi en oxygène jusqu'au titre de 31 pour 100 possède encore un pouvoir extincteur notable (*fig.* 2), tandis qu'à la même concentration, si le diluant est l'azote pur, l'oxygène non seulement consume énergiquement le charbon, mais commence même à brûler le fer du four.

Enfin le seuil d'activité a été trouvé au $\frac{1}{10}$ de la saturation, soit à une teneur en volume de $\frac{1}{100}$ environ. Le pouvoir extincteur du tétrachlorure de carbone se manifeste donc à des doses très faibles, et, dès lors, il ne paraît guère admissible de le rapporter à une action physique massive, et, en particulier, à une raréfaction de l'oxygène par dilution.

Les conclusions sont plus douteuses en ce qui concerne l'anhydride carbonique, CO^2, autre extincteur préconisé (*fig.* 3).

De nombreux autres corps ont été essayés. Certains se comportent plus ou moins comme le tétrachlorure de carbone; ce sont les suivants : chloroforme, chlorure d'éthylène, éthylène dichloré, éthylène trichloré, bromure d'éthyle, chloroformiate d'éthyle, chlorure de soufre, chlorure de thionyle, chlorure de sulfuryle, trichlorure de phosphore, tribromure de phosphore,

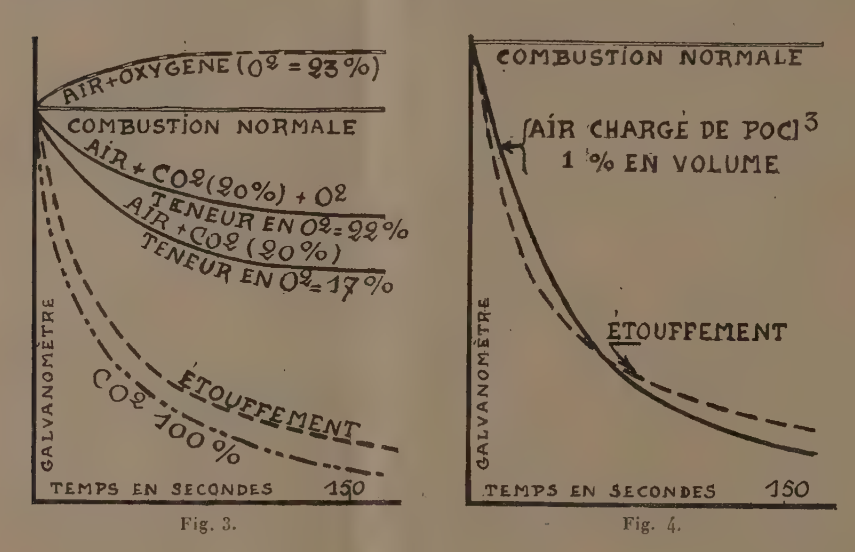


Fig. 3. Fig. 4.

chlorure d'arsenic, chlorure de silicium, chlorure de titane, chlorure d'étain, chlorure de bore, diéthylamine, anhydride sulfureux, etc. D'autres n'ont que des actions très faibles; nous ne les mentionnerons pas.

Par contre nous signalerons la haute activité de l'oxychlorure de phosphore, $POCl^3$. Malgré la faible tension de vapeur de ce corps, l'air qui en est chargé éteint le charbon (*fig.* 4). Or, la teneur en vapeurs nocives pour le feu n'est plus ici que de 1 pour 100 en volume; de plus, le seuil se trouve au $\frac{1}{20}$ de la saturation, soit à environ $\frac{1}{2000}$ en volume.

Des effets aussi marqués, obtenus avec aussi peu de matière, nous semblent être la preuve irrécusable d'une action catalytique.

En résumé, tout comme les oxydations à basse température, l'ignition peut être entravée par des catalyseurs négatifs. Il n'y a donc aucune impossibilité théorique à la réalisation de procédés d'extinction basés sur la catalyse antioxygène.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Processus de la combustion du charbon pulvérisé.* Note [1] de M. A. **Grebel**, présentée par M. Matignon.

Suivant leur nature, les charbons, lignites et anthracites, pulvérisés en grains dont les dimensions sont de l'ordre de plusieurs dizaines de micromillimètres et dont l'humidité est ramenée à 1 pour 100 environ pour faciliter leur broyage et leur transport, s'allument à des températures caractéristiques variant de 700° à 800° et à plus de 900°. Ces températures correspondent assez bien au dégagement maximum de l'hydrogène pendant la distillation sèche, fractionnée, telle que la pratique M. Lebeau [2] sur de très petites masses ($0^g,5$ à 1^g); c'est précisément ce qui rend ces mesures directement applicables à la première phase de la combustion du charbon pulvérisé. Cette coïncidence renforce notre conception que l'allumage du charbon, en présence de traces de vapeur d'eau, débute par l'inflammation de l'hydrogène qu'il dégage, au sortir du nez du brûleur, dans les chambres de combustion des fours et chaudières.

La carbonisation, qui n'est pas instantanée, se poursuit évidemment pendant la première partie du parcours de la flamme éclairante. Nous estimons que l'oxydation progressive concomitante par l'air primaire [qui représente, par exemple, 25 pour 100 du pouvoir comburivore [3]], puis par des additions étagées d'air secondaire, porte d'abord sur l'hydrogène qui assure déjà l'allumage, ensuite sur le carbone transformé, au début surtout, en monoxyde de carbone. Lorsque le coke est suffisamment formé et incandescent, il décompose l'eau hygroscopique et l'eau de formation, en donnant du gaz à l'eau de haute température ($CO + H^2$) mélangé de gaz à l'eau de basse température ($CO^2 + 2H^2$). L'air qu'on introduit en plusieurs fractions jusqu'à atteindre, par exemple, un total de l'ordre de 120 pour 100 du pouvoir comburivore, commence par produire, avec le coke à température assez élevée, du gaz à l'air ($CO^2 + 2Az^2$) et finit par donner de plus en plus de fumée ($CO^2 + 4Az^2$). Quand la flamme cesse d'être lumineuse et réductrice, la combustion se complète; la teneur en Az^2 ayant atteint son maximum et s'y maintenant, le CO^2 arrive à prédominer par

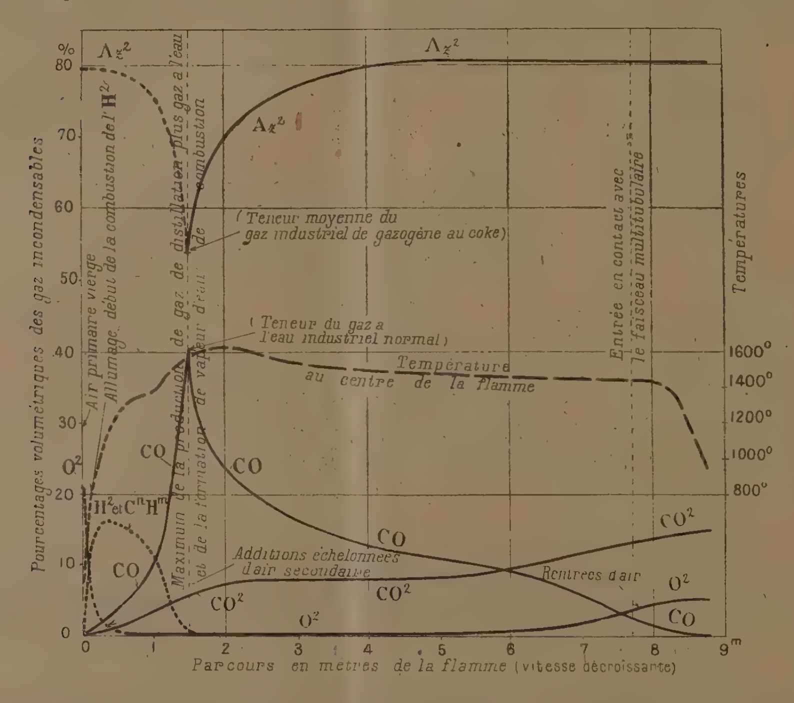
(1) Séance du 23 février 1931.

(2) *VIIe Congrès de Chimie industrielle*, **19**, n° 4 *bis*, avril 1928, p. 73-90.

(3) Quantité d'air théoriquement nécessaire à la combustion complète d'un combustible (*Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1285).

rapport au CO qui disparaît presque totalement en présence d'un petit excès d'air.

Notre conception d'ensemble diffère sensiblement de la théorie de la « maturation pour la combustion » d'Aufhäuser ([1]) qui suppose une formation intermédiaire de « gaz à l'eau » (en réalité très mêlé de Az^2, CO^2 et H^2O vap.). Elle se trouve confirmée nettement par des analyses récentes,



effectuées sur les gaz incondensables, prélevés en différents points périphériques d'une flamme de charbon pulvérisé. Les résultats de ces analyses volumétriques ont été consignés dans l'ouvrage de Fink ([2]), sous forme d'un tableau que nous avons traduit dans le graphique ci-dessus. Nous avons indiqué en pointillé la proportion des produits gazeux de la distillation non mesurés par les expérimentateurs et dont nous avons fait une évaluation. Les

---

([1]) *Brennstoff und Verbrennung*, Springer, Berlin, 1926.

([2]) *Le chauffage des chaudières au charbon pulvérisé*, Chiron, Paris, 1930, p. 87.

légendes du graphique nous dispensent de commentaires, et l'allure des courbes fait ressortir les conclusions que l'auteur n'a pas tiré de ses chiffres.

Étant pour ainsi dire étirés dans l'espace et dans le temps, les phénomènes de pyrogénation et d'oxydation du charbon pulvérisé sont faciles à suivre dans leurs développements. On constate, sans doute possible, la primauté de la formation du CO, contraire à l'idée encore généralement admise d'une oxydation primaire totale du carbone à l'état de CO^2.

Cependant il serait souhaitable que ces essais industriels soient repris avec des dispositifs irréprochables de prélèvement de gaz et que l'analyse s'étende au dosage des hydrocarbures et de l'hydrogène.

GÉOLOGIE. — *De la genèse du Massif central saharien.* Note de M. Conrad Kilian.

Nos connaissances se précisent sur l'histoire du Massif central saharien. Nous distinguons :

1° Les *plissements antécambriens.* — Ce sont ceux qui n'ont affecté que les schistes cristallins et qui sont la cause première de la discordance tassilienne; Suess les a appelés *Saharides*, mais en se méprenant sur leur âge.

Il y eut plissements, émersion et érosion.

2° La *transgression tassilienne.* — Durant l'Ordovicien une vaste transgression sur cette primitive forme du Bouclier ou Faîte saharien, forme de première consolidation, atteint les pays du Massif central, et, sur la tranche des schistes cristallins arasés, s'établit en discordance la base de la Couverture tassilienne : les Conglomérats, les Grès inférieurs.

La sédimentation se poursuit durant tout le Gothlandien par le dépôt des schistes à Graptolithes; il se pourrait que ce soit alors que la transgression tassilienne ait atteint son apogée.

3° Les *mouvements préhercyniens.* — Durant la période dévonienne une certaine variété succède à la monotonie de la sédimentation gothlandienne ; on distingue des grès, des schistes, des calcaires et des conglomérats.

Les conglomérats surtout font songer à des mouvements précurseurs des plissements hercyniens; on en voit par place dans des grès à Brachiopodes du Coblentzien en la région d'Amserha (Corne nord-est de l'Immidir) et surtout on en observe, toujours dans la même région d'Amserha, dans le Frasnien, qui sont très ferrugineux et parlent d'émersions ou de régression.

4° Les *plissements hercyniens.* — Ce sont eux qui ont, semble-t-il, fait le principal du plissement de la Couverture tassilienne et des formations des Pays prétassiliens, ou qui en ont tout au moins achevé la forme; c'est à eux que l'on doit probablement les crêtes anticlinales NW-SE de l'enceinte tassilienne avec leur accroissement dans le

bombement général conjugué EW du Massif central saharien, tout au moins leur achèvement.

Ces plissements ne sont jamais violents : je n'ai pas observé de charriages.

Tout est émergé à la fin du Moscovien et l'érosion longuement travaille.

5° *La transgression hamadienne*. — Au Cénomanien, la mer, par le Nord, l'Ouest et le Sud, monte à l'assaut de ces pays de formations primaires et dépose ses argiles à gypse, ses marnes, ses calcaires sur le pourtour du Massif central saharien, sauf à l'Est.

Elle trouve un massif à ce point décapé et gravé par l'érosion qu'il devait être déjà, pour ce qu'elle n'en a pas immergé, à peu près ce que nous voyons maintenant (volcanisme enlevé) car on trouve ses formations dans le fond de grandes vallées actuelles, comme celle de Baris-Irrarar qui sont donc des vallées antecénomaniennes, dans leur essence transformées en fjord au Cénomanien.

La sédimentation se poursuit durant la fin de l'époque crétacée.

6° *La régression éocène*. — La mer évacue son domaine crétacé vers le début de l'Éocène, il reste de la transgression crétacée, les « Hamadas ».

7° Contrairement à l'hypothèse émise par certains auteurs et par nous-même, aucun mouvement ou plissement d'ensemble, vraiment très important, ne semble se produire, en retentissement des chaînes alpines, durant le Tertiaire et l'on ne doit guère signaler qu'une activité volcanique intense en liaison avec des failles, ou champs de failles, qui, ils sont des accidents considérables (Faille de Djanet), ont alors simplement rejoué, quand étant nés antérieurement.

En conclusion de cet aperçu rapide, il nous paraît intéressant de noter qu'ainsi donc, en son département du Massif central, le Faîte ou Bouclier saharien, de plissements, d'ébauche et de moindre souplesse antécambriens, n'ayant subi des chaînes calédoniennes (ou calédoniennes tardives) autre chose que peut-être des retentissements (les mouvements préhercyniens), s'est définitivement consolidé et fixé, figé, dans des plissements hercyniens peu violents.

GÉOLOGIE. — *Les discordances dans la série paléozoïque du Maroc central.* Note (¹) de M. **Henri Termier**, présentée par M. H. Douvillé.

Les mouvements orogéniques et épeirogéniques qui ont affecté la Meseta marocaine se manifestent à nous par trois discordances principales, de valeurs bien différentes. Je vais les énumérer en faisant à leur sujet quelques remarques.

I. La période dévonienne est caractérisée dans la partie nord-ouest de l'Afrique par

(¹) Séance du 23 février 1931.

des allées et venues continuelles de la mer. Au Sahara, dans la corne nord-est de l'Imidir, M. C. Kilian (1) a vu des conglomérats rouges à *Rh. cuboïdes* qui indiquent une tentative d'émersion au Frasnien. En Chaouia, un ridement d'âge dévonien supérieur a été mis en évidence par M. G. Lecointre (2). Il semble donc que puisse être décelé dans ces régions l'ébauche d'une phase orogénique qu'il faudra nommer ou « calédonienne tardive » ou « hercynienne précoce » (plissement breton de H. Stille (3). Pour des raisons d'ordre théorique j'ai proposé de rattacher provisoirement à cette phase la discordance du terrain de Sidi-Kassem (4) sur le Gothlandien dans le Maroc central.

II. Le Viséen est transgressif sur le Dévonien et le Silurien. Pas de discordance visible sur les coupes de détail mais un vaste mouvement épeirogénique qui apparaît à la lecture des cartes.

Vient ensuite la phase hercynienne majeure, depuis longtemps classique au Maroc (5). Dans mon territoire l'Autunien repose sur le Viséen arasé au Bou-Achouch et à Khenifra. Mais les limites fournies par cette discordance peuvent être resserrées. Une épaisse série que j'attribue au Namurien est plissée en concordance avec le Dinantien. D'autre part M. E. Roch a décrit (6) dans l'Atlas de Marrakech plusieurs affleurements de Stéphanien moyen discordants sur le Paléozoïque antérieur. Si nous admettons un synchronisme approché des mouvements orogéniques du Primaire au Maroc la phase en question serait postérieure au Namurien et antérieure au Stéphanien moyen. Elle appartient donc au plissement mésovarisque de H. Stille et je suis d'avis de l'assimiler plutôt à l' « asturische Faltung » qu'à l' « erzgebirgische Faltung » de cet auteur. Il s'agit pour ces pays d'un grand paroxysme ayant réalisé des plissements énergiques avec laminages importants.

III. La troisième discordance est celle que j'ai annoncée à titre d'hypothèse (7) entre l'Autunien et un niveau encore indéterminé du Permo-Trias. Entre el Bordj et Khenifra l'Autunien est plissé tandis que la partie supérieure des couches rouges infraliasiques est subhorizontale. Dans les environs de Kebbab la même observation a été faite par M. A. Beaugé (8).

---

(1) Communication orale.

(2) G. Lecointre, *Recherches géologiques dans la Meseta marocaine* (*Mém. de la Soc. des Sc. nat. du Maroc*, 14, 1926, p. 97).

(3) H. Stille, *Grundfragen der vergleichenden Tektonik*, Berlin, 1924, p. 126; *Zu Einführung in die Phasen der paläozischen Gebirgsbildung* (*Zeitschrift der Deutschen geol. Ges.*, 80, 1928, abt. n° 1, p. 24).

(4) Henri Termier, *Sur l'existence de plissements calédoniens au Maroc central* (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1356).

(5) G. Lecointre, *op. cit.*, p. 98.

(6) E. Roch, *Études géologiques dans la région méridionale du Maroc occidental* (Notes et Mémoires du Service des Mines du Maroc, 1930, p. 158 et suivantes).

(7) Henri Termier, *Une hypothèse concernant le Permien et le Trias du Maroc* (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 640).

(8) Communication orale.

A Mechra ben Abbou, le Permien est redressé, tandis que le Rhétien de L. Gentil (récemment retrouvé par G. Dubar) est horizontal. Ainsi nous devons admettre au Maroc une discordance au plus tôt postautunienne et au plus tard anterhétienne.

Cette discordance peut avoir passé longtemps inaperçue parce que localisée à la base du complexe rouge, très près de l'Autunien dont les couches ne se sont déposées qu'en un petit nombre de bassins de faibles dimensions. Je pense qu'il s'agit de la « phase saalienne » (Permien moyen) du plissement néovarisque de H. Stille.

Pour terminer je me permets de suggérer que plusieurs autres discordances ont dû exister qui sont devenues presque partout des « accordances (1) » : entre Silurien et Dévonien dans l'anticlinorium de Ziar-Azrou, à la base du Viséen dans le pays des Zaïans, et entre le Permien et le Trias (phase palatine) sous le Causse préatlasique (2). Les traces de ces mouvements sont à rechercher puisque il existe au Maroc un Paléozoïque très complet ayant pu leur servir d'appareil enregistreur.

GÉOLOGIE. — *Les anciens cours de l'Allier et de ses affluents, sur la feuille de Gannat, pendant le Pliocène supérieur et durant le Quaternaire.* Note de M. G. **Garde**, présentée par M. de Launay.

L'Allier a commencé à couler dès le Miocène, mais ce n'est qu'à partir du Pliocène supérieur qu'il a laissé des traces de son passage dans la partie de la Limagne qui s'étend sur la feuille de Gannat.

Les différents niveaux de terrasses alluviales admis par les géologues et les géographes pour le Pliocène supérieur et pour le Quaternaire, existent dans la vallée de l'Allier, et la série complète de ces anciennes terrasses est étagée sur le sommet et sur le flanc oriental du petit massif oligocène de Randan.

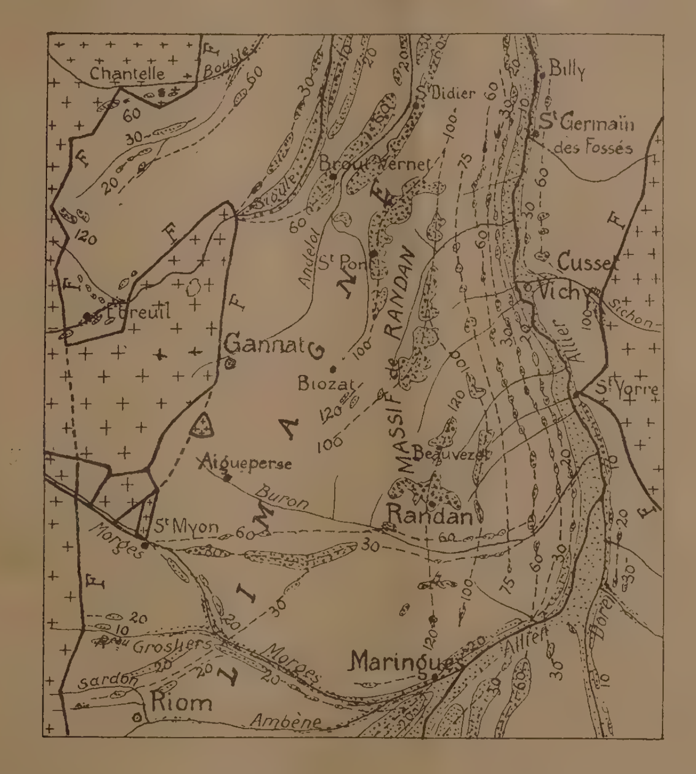
Dans un prochain Mémoire, je donnerai plusieurs coupes géologiques à travers ce massif. L'une des plus intéressantes va de Saint-Yorre à Beauvezet, au nord de Randan, et elle passe par les terrasses de 18-20^m de la Poivrière, de 30-35^m des Bernards, de 55-60^m des Gays, de 90-100^m de la Croix de Trève et de 120-130^m de Beauvezet (les niveaux de ces terrasses sont indiqués sur la carte ci-contre).

---

(1) H. Stille, *op. cit.* (*Grundfragen*), p. 42.

(2) L. Gentil figure même une discordance du Jurassique sur le Permien (en réalité : Permo-Trias) au sud d'Azrou, je ne l'ai pas retrouvée [*Notes sur les régions volcaniques du Maroc central* (*Bull. Soc. géol. de France*, 16, 1916, fig. 2, p. 194)].

L'étude détaillée que je viens de faire de ces anciennes terrasses, et dont se sont déjà occupés plusieurs géologues, notamment MM. de Launay, Glangeaud, Chaput, m'a permis de reconstituer les anciens systèmes hydrographiques de la région, depuis le Pliocène supérieur jusqu'à nos jours.



Calabrien. Terrasses de 120-130^{m}. — La terrasse la plus élevée, et par suite la plus ancienne, déposée par l'Allier, qui existe sur la feuille de Gannat, coiffe le petit massif de calcaires marneux et de marnes de Randan et les sommets de deux petits mamelons situés plus au Sud.

Par son niveau, à 120-130^{m} au-dessus du lit actuel de l'Allier, cette terrasse appartient donc au Calabrien ou Pliocène supérieur. Cet âge, au surplus, serait confirmé par la molaire d'*Elephas meridionalis* qu'on a signalée à Randan.

Un affluent de l'Allier Pliocène supérieur, venant de l'Ouest et passant au sud de Biozat, allait rejoindre celui-ci plus au Nord.

Sicilien. Terrasses de 90-100^{m}. — Au Sicilien, ou Quaternaire inférieur, l'Allier contournait, sur son côté oriental, la terrasse de 120-130^{m}.

Sur sa rive gauche, au nord de cette dernière, l'Allier recevait deux affluents, dont les anciens cours sont jalonnés par deux belles traînées de terrasses alluviales.

C'est aussi à cette époque que le Sichon déposa la terrasse de Barentan, au sud-est de Cusset.

Quant aux quelques lambeaux de terrasses qui existent à 70-75^m au-dessus du lit de l'Allier, ils doivent correspondre à une étape du creusement de la vallée de cette rivière.

Milazzien. Terrasses de 55-60^m. — Sur le côté oriental du massif de Randan, l'Allier, durant la période milazzienne, continua à se déplacer vers l'Est. Et c'est pendant cette période qu'il déposa la terrasse qui s'étend dans l'angle formé par son cours actuel avec celui de la Dore.

Après avoir quitté la région de Cusset, le Sichon s'écoulait vers le Nord parallèlement à l'Allier, et il ne devait se jeter dans celui-ci que bien plus loin.

La Sioule se réunissait à l'Andelot, et elle déposa la belle terrasse, formant plateau, qui supporte Brout-Vernet et Saint-Didier.

Peu après son entrée dans la Limagne, à partir de Saint-Myon, la *Morges* s'écoulait directement vers l'Est pour aller rejoindre l'Allier. Le Buron était alors son affluent.

Tyrrhénien. Terrasses de 30-35^m. — Au Tyrrhénien, *l'Allier* continua à se déplacer vers l'Est, dans toute sa partie septentrionale, tandis qu'il se déjeta vers l'Ouest, dans sa partie tout à fait méridionale.

Capturée par un affluent de la Bouble, la *Sioule* s'était séparée de l'Andelot et elle coula à l'Ouest de son lit actuel.

Héritant du cours de la Sioule, l'*Andelot* se mit à entailler la large terrasse que cette rivière avait déposée pendant la période précédente.

Comme au Milazzien, la *Morges* coula directement vers l'Est ayant toujours le Buron comme affluent. De plus elle recevait le Sardon.

Monastirien. Terrasse de 18-20^m. — Durant le Monastirien, ou Quaternaire supérieur, tout l'*Allier* se trouvait à l'Ouest de son lit actuel.

La *Sioule* s'était un peu déplacée vers l'Est.

Un affluent de l'Ambène captura la *Morges*, le ruisseau des *Grosliers* et le *Sardon*, et c'est le lit de cet ancien affluent conquérant et le cours inférieur de l'Ambène qui sont devenus le lit de la Morges actuelle.

Quant au *Buron*, il hérita de la partie inférieure du lit que la Morges venait d'abandonner et qu'elle avait suivie pendant les deux périodes précédentes.

Après le Monastirien, au début de la période actuelle, les cours de l'Allier et de ses affluents étaient à peu près définitivement fixés.

Et c'est peu après le Monastirien que le *Sardon*, qui se déversait dans la

Morges pendant les périodes précédentes, fut de nouveau capturé par un autre affluent de l'Ambène et qu'il alla se jeter dans cette dernière rivière, près de Riom.

GÉOLOGIE. — *Sur le prolongement du complexe tectonique Cévenol dans les montagnes de la Louvesc.* Note de M. **A. Demay**, présentée par M. de Launay.

L'analyse tectonique de la région montagneuse de la Louvesc m'a permis d'y reconnaître une structure identique à celle que j'ai décrite antérieurement pour le massif du Pilat, le panneau du Pyfara et le synclinal Saint-Marcel-Roche-de-Vent.

Les gneiss œillés de la nappe des Trois-Dents que j'avais suivis sur les deux bords de ce synclinal jusqu'à hauteur de Saint-Julien-Vocance se poursuivent d'abord avec des caractères identiques, puis disparaissent au sud de la crête de Saint-Bonnet et du col du Faux. Par contre, j'ai pu suivre une bande continue de gneiss œillés qui unit les bandes ouest et est du synclinal de la Roche-de-Vent. De même, les affleurements de la nappe de Pouyardière sur les bords ouest et est du synclinal de la Roche-de-Vent se relient par une zone large et continue de gneiss à mica noir, d'amphibolites et de granite, dont la position au-dessus des gneiss œillés inférieurs de la bande méridionale visée ci-dessus est établie directement sur plusieurs points. La concordance des conclusions obtenues de deux manières est une vérification nouvelle des principes directeurs adoptés pour l'analyse tectonique des Cévennes septentrionales. L'érosion a respecté au voisinage de la Louvesc deux lambeaux de la nappe du Pilat qui flottent sur les crêtes, le lambeau du Rouvey et celui du Mont-Chaix. A partir de ces lambeaux, le relèvement axial fait apparaître successivement du nord au sud la nappe de Pouyardière, celle des Trois-Dents, puis le substratum. Ainsi se termine le synclinal de nappes Saint-Marcel-Roche-de-Vent. Du côté Est subsiste pourtant un peu plus loin, vers le Sud, un lambeau complexe, presque indépendant, le lambeau du Mont-Sardier. Il comprend une couronne de gneiss œillés de la nappe des Trois-Dents, reliée à la masse principale du synclinal de la Roche-de-Vent par l'isthme tectonique étroit du col du Faux, une couronne interne qui appartient à un lambeau de recouvrement de la nappe de Pouyardière vraiment indépendant; enfin, au centre, un lambeau de gneiss œillés de la nappe du Pilat.

Dans les montagnes de la Louvesc, la granulitisation post-tectonique très étendue a effacé souvent les effets dynamiques des charriages. Dans la nappe des Trois-Dents, on observe cependant le laminage plus ou moins accentué des gneiss œillés sur toute leur hauteur et un laminage ou écrasement plus intense à la base, par exemple sur la route de Saint-Pierre à Saint-Bonnet et près du col des Grands. Les effets dynamiques du charriage sont encore plus nets près du hameau de Faugeas sur la route de la Louvesc à Nozières et sur les croupes voisines. Pour la nappe de Pouyardière, dont le contact de base est presque partout masqué par la granulite, les seuls arguments d'ordre dynamique en faveur du charriage sont le laminage ou l'écrasement franc à la base dans la région de Faugeas et près de Champaurie à l'ouest de la Louvesc. Pour la nappe du Pilat, on peut citer le laminage des gneiss œillés sur toute leur hauteur et la grande agitation des gneiss à leur base avec mylonitisation partielle dans la région de Faugeas et le long de la route de Saint-Bonnet à la Louvesc à la base du lambeau du Rouvey.

En dehors des arguments d'ordre dynamique, on peut invoquer d'ailleurs en faveur du charriage des trois séries leur allure toujours peu inclinée et souvent presque horizontale, malgré le laminage apparent dans les deux séries de gneiss œillés. Même sur les points où les couches près d'un contact sont agitées et redressées, le dessin des contours, toujours très voisin de celui d'une courbe de niveau, accuse la faible inclinaison des surfaces de séparation et la réalité des mouvements tangentiels.

Enfin la répétition des facies et la répartition anormale des termes des divers degrés métamorphiques, dont j'ai signalé l'importance pour l'analyse tectonique du cristallin et du cristallophyllien [1] et dont M. E. Raguin a envisagé récemment l'utilisation dans l'ouest du Massif Central [2], donne, dans la région de la Louvesc comme plus au nord, des arguments concrets en faveur des duplicatures et recouvrements tectoniques : répétition du facies des gneiss œillés, position recouvrante de ces gneiss catamétamorphiques sur des gneiss mésométamorphiques, position recouvrante de granite sur les gneiss œillés. Le dernier fait est bien net en particulier près de Faugeas dans le lambeau de la Farre et à l'extrémité sud du noyau synclinal de la Roche-de-Vent.

---

[1] A. Demay, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 935, 1035; **186**, 1928, p. 507. — *C. R. Congr. géol. Int. Pretoria*, 1929, II, p. 15.

[2] E. Raguin, *Bull. Soc. Géol.*, **30**, 1930, p. 51.

Le charriage de l'ensemble des trois séries, Pilat, Pouyardière et Trois-Dents, et l'existence, dans cet ensemble, d'une structure complexe en pli couché ou en écailles, sont démontrés directement par ces observations comme ils l'étaient déjà par la continuité de ces séries avec les éléments tectoniques observés plus au nord. La zone tectonique cévenole [1] se prolonge donc vers le sud au moins jusque dans les montagnes de la Louvesc et dans le petit massif du Mont Sardier.

Les gneiss granulitiques figurés sur l'ancienne carte dans le haut bassin du Doux doivent être attribués du point de vue actuel, non au complexe charrié, mais à son substratum plus ou moins granulitisé. L'aire autochtone du haut bassin du Doux, presque complètement enserrée entre le lambeau de Saint-André, celui du Pyfara et l'extrémité méridionale de la bande de la Roche-de-Vent est une demi-fenêtre dans le paquet charrié. Le granite et les gneiss de Bobinieux à l'ouest de la Louvesc sont, d'après la carte ancienne, complètement entourés par les gneiss granulitiques et semblent *a priori* définir du point de vue actuel une fenêtre. En réalité, le granite de Bobinieux affleure dans un golfe étranglé entre le lambeau du Sardier et la languette tectonique étroite et mince de la crête de Micoulaux. C'est en somme une demi-fenêtre plus petite, ouverte sur celle du Doux.

D'une manière générale, la topographie actuelle souligne remarquablement la structure. L'allure subhorizontale et onduleuse des nappes se traduit, dans ce pays profondément creusé, à la fois par la complication des contours et par la belle simplicité du plan général.

BOTANIQUE. — *Sur la conjugaison des ascopores chez les Levures et quelques points obscurs du développement de ces Champignons.* Note [2] de M. **Guilliermond**, présentée par M. Molliard.

Dans des recherches déjà anciennes, nous avons démontré que les Levures se rattachent, au point de vue de leur sexualité, à deux types : les unes ont une conjugaison précédant la formation de l'asque (*Zygosaccharomyces*, *Debaryomyces*, etc.); chez les autres, la conjugaison s'opère entre les ascospores au moment de leur germination (*Saccharomycodes*, beaucoup de *Saccharomyces*). Depuis, Mlle Batchinskaja a décrit le *Saccharomyces paradoxus* qui offre un développement tout à fait inexplicable : dans cette espèce,

(1) A. Demay, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 923.
(2) Séance du 16 février 1931.

il y aurait deux fusions cellulaires, l'une s'opérerait entre les ascospores, et la cellule qui résulterait de cette première fusion germerait en un promycélium; ce dernier donnerait naissance par bourgeonnement à des cellules levures qui, avant de continuer à se multiplier, subiraient une seconde fusion; Nadson et Krassilnikov ont montré que la fusion des ascospores de cette Levure est accompagnée d'une caryogamie, mais ils ne parlent pas de la seconde fusion. Tout récemment Nishiwaki a découvert une Levure dont la multiplication s'effectue, comme dans le genre *Saccharomycodes*, par un processus intermédiaire entre le bourgeonnement et le cloisonnement et qui offre aussi deux fusions cellulaires : l'une à l'origine de l'asque, l'autre entre les ascospores. En raison de ces caractères intermédiaires entre les genres *Zygosaccharomyces* et *Saccharomyces*, Nishiwaki a créé pour cette Levure le genre nouveau *Zygosaccharomycodes* et lui a réservé le nom de *Z. Japonicus*. Il a incorporé dans ce genre le *S. paradoxus* et la Levure de Pulque que nous avons décrite. Ces données sont de nature à bouleverser toutes les conceptions actuelles de la sexualité des Levures et à mettre en doute la nature sexuelle de la fusion des ascospores. Il nous a donc paru nécessaire de reprendre l'étude de ces deux nouvelles espèces.

Le *S. paradoxus* forme d'ordinaire ses asques dans des cellules ordinaires ne résultant d'aucune conjugaison. Ces asques renferment de 1 à 4 ascospores. Celles-ci commencent à germer dans l'intérieur de la paroi de l'asque; elles se gonflent, puis s'anastomosent deux à deux par un canal, produisant des zygospores qui, par bourgeonnements successifs, donnent chacune naissance à une colonie de cellules végétatives. Ce n'est qu'au début du bourgeonnement de la zygospore que se produit l'éclatement de la paroi de l'asque. Un petit nombre d'ascospores germent isolément, sans conjugaison préalable. Jamais, nous n'avons constaté de fusion entre plus de deux ascospores, ni de formation de promycélium, contrairement à ce qu'a décrit Mlle Batchinskaja. En aucun cas non plus, il ne s'effectue d'autres fusions que celle que nous venons de décrire. Par contre, dans les vieilles cultures, on trouve fréquemment des cellules anastomosées deux à deux par un canal, mais il est facile de constater qu'elles représentent d'anciennes zygospores, qui, après avoir bourgeonné, persistent, en conservant leur forme primitive; souvent, d'ailleurs, elles sont accolées à de petites ascospores qui, n'ayant pas germé, sont en voie de dégénérescence. Ces zygospores peuvent parfois se transformer en asques qui présentent alors le même aspect que ceux d'un *Zygosaccharomyces*. Ces anomalies sont celles que nous avons décrites dans la Levure de Pulque chez laquelle

il n'existe également qu'une seule fusion qui s'opère entre les ascospores.

Le *Zygosaccharomyces Japonicus* n'a, contrairement à ce qu'a avancé Nishiwaki, aucune ressemblance avec le genre *Saccharomycodes* et se multiplie par bourgeonnement typique. Ses asques dérivent d'une conjugaison isogamique et sont formés par deux renflements unis par un isthme étroit : les ascospores, au nombre de 1 à 4, naissent dans les renflements. La germination des ascospores commence dans l'intérieur de l'asque : les ascospores se gonflent, puis germent isolément, par bourgeonnement, en même temps que se produit la rupture de la paroi de l'asque. Jamais on ne rencontre aucune fusion entre les ascospores.

Il résulte donc de nos recherches que le genre *Zygosaccharomycodes* créé par Nishiwaki n'a aucun fondement. Le *S. paradoxus* est une forme chez laquelle la conjugaison s'effectue entre les ascospores comme dans la Levure de Pulque et beaucoup d'autres *Saccharomyces*, tandis que l'espèce décrite par Nishiwaki est un *Zygosaccharomyces* caractérisé par sa conjugaison précédant la formation de l'asque. Les deux fusions cellulaires décrites dans le développement de ces deux Levures résultent d'interprétations erronées. Il s'ensuit donc que le développement de ces deux Levures n'infirme en rien la nature sexuelle attribuée à la conjugaison des ascospores.

Nous avons établi dans nos recherches antérieures l'étroite relation qui existe entre les Endomycétacés et les Levures à conjugaison placée à l'origine de l'asque. Par contre les Levures à conjugaison s'effectuant entre les ascospores constituaient jusqu'ici une exception dans les Ascomycètes. Il semblerait aujourd'hui, qu'à la suite des travaux récents de Melle Wieben, il soit permis d'entrevoir un rapprochement entre les Levures de cette catégorie et les Exoascées. Mlle Wieben a montré, en effet, que dans les *Taphrina epiphylla*, les asques renferment des ascospores + et — qui germent en produisant des conidies — levures + et — qui se conjuguent aussitôt : la zygospore résultant de ce phénomène germe immédiatement en un mycélium. Seulement cette conjugaison (*plasmogamie*) n'est pas accompagnée de caryogamie et les deux noyaux constituent un dicaryon qui se transmet, par division, dans toute les cellules du mycélium et c'est dans l'asque que se produit la caryogamie décrite par Dangeard. Les Levures à conjugaison se produisant entre les ascospores offrent un développement assez comparable à celui de *Taphrina epiphylla* et qui n'en diffère que par le fait que la conjugaison se produit entre les ascospores elles-mêmes, et non entre les levures issues de la germination de celles-ci, et qu'elle est accompagnée de caryogamie.

BOTANIQUE. — *Sur l'origine des vacuoles.* Note de Mlle **Cassaigne**, présentée par M. Molliard.

La question de l'origine des vacuoles est depuis longtemps discutée, mais dans ces dernières années la méthode des colorations vitales par le rouge neutre a donné un moyen de suivre avec beaucoup de précision l'évolution de ces éléments. Le seul procédé pour résoudre cette importante question serait de pouvoir suivre sous le microscope la formation des vacuoles. Cette étude ne peut guère être réalisée que chez les champignons; malheureusement la coloration des vacuoles par le rouge neutre, qui s'effectue instantanément sous le microscope, ne se produit plus quand on cultive les champignons en milieux additionnés de ce colorant.

Cependant un *Saprolegnia*, étudié par Guilliermond, fait exception à la règle. Cultivé en milieu nutritif additionné de 2 à 5^mg pour 100 de rouge neutre, ce champignon croît normalement et présente pendant tout son développement une belle coloration de son vacuome. Nous avons donc utilisé ce *Saprolegnia*, que nous avons cultivé sur bouillon de peptone (1 pour 100) additionné de 2 à 5^mg pour 100 de rouge neutre, sur des cellules de Van Tieghem et Le Monnier de 4^cm de diamètre et nous avons pu suivre sous le microscope l'origine des vacuoles pendant la croissance du champignon.

Cette méthode nous a permis d'observer la germination des zoospores et de constater fréquemment l'apparition dans le tube germinatif de petites vacuoles qui n'avaient pas de relation avec la grosse vacuole unique de la zoospore; ces vacuoles se fusionnaient entre elles puis se soudaient ensuite à la vacuole de la zoospore qui finissait par se prolonger dans le tube germinatif. Nous avons assisté aussi à des néoformations de vacuoles dans les extrémités de filaments, soit dans les régions terminales qui n'en renfermaient pas encore, soit dans les parties situées un peu au-dessous et entre des vacuoles préformées : ces vacuoles de néoformation apparaissent sous la forme de très petits éléments plus ou moins fortement colorés. Enfin nous avons observé souvent, en même temps, la fragmentation de vacuoles soit par allongement, suivi d'étranglement, soit par une sorte de bourgeonnement. Ce phénomène peut d'ailleurs ne pas être définitif car souvent les vacuoles ainsi formées se fusionnent de nouveau.

Nos observations nous ont montré, en outre, que les vacuoles ont une extrême instabilité de forme et que certaines ont un contour qui offre les

plus capricieuses irrégularités, surtout dans les extrémités des filaments où les déformations des vacuoles se produisent généralement sans arrêt et avec une grande amplitude. Mais le fait le plus important de ces modifications de formes est la production de réseau. L'examen des extrémités de filaments montre que le vacuome s'y présente sous deux formes différentes : il peut être constitué par des vacuoles plus ou moins arrondies, de tailles diverses ou bien par des réseaux. Or, en suivant l'évolution du vacuome pendant un temps suffisant, nous avons vu souvent avec une grande netteté les formes réticulées succéder aux vacuoles arrondies par étirement, ramifications et fusionnement de celles-ci; le phénomène semble dû à l'action combinée des mouvements du cytoplasme et de variations de la tension superficielle du suc vacuolaire; certaines substances susceptibles d'abaisser cette tension telles que le chlorure de calcium employé à faible dose afin d'éviter la plasmolyse, nous ont permis d'ailleurs d'obtenir artificiellement de superbes réseaux. L'examen ultramicroscopique du champignon nous a en outre permis de constater que les vacuoles offrent des mouvements ondulatoires très lents qui paraissent dus aux mouvements du cytoplasme.

On a objecté contre la théorie de la néoformation des vacuoles que les colorations au rouge neutre, sans altérer les cellules, déterminent cependant la fragmentation immédiate des vacuoles en voie de bourgeonnement et ne permettent pas par conséquent de constater la division des vacuoles (Pierre Dangeard); cette objection valable pour les autres champignons ne l'est plus pour le *Saprolegnia* dans les conditions où nous avons opéré. Toutefois les travaux de Chlopin ont montré que le rouge neutre employé à fortes doses est capable de provoquer la formation de vacuoles artificielles. Bien que ce phénomène n'ait jamais été retrouvé dans les cellules végétales et que nous n'ayons employé que des doses faibles de rouge neutre, il y avait cependant là une objection qui pouvait nous être faite. Pour y parer nous avons complété nos recherches par l'étude d'une Levure, le *Saccharomyces pastorianus*, dans laquelle les vacuoles sont visibles avec une grande netteté et où l'emploi du rouge neutre n'est pas nécessaire pour les mettre en évidence. Cette Levure a été cultivée sur cellules de Van Tieghem et Le Monnier et nous avons suivi sous le microscope son bourgeonnement qui s'effectue en une heure environ. Nous avons pu nous rendre compte ainsi que la vacuole du bourgeon peut apparaître par deux processus très différents; tantôt la vacuole de la cellule mère, même lorsqu'elle est très éloignée du bourgeon, envoie brusquement un prolongemente mince et très allongé qui s'introduit dans le bourgeon puis se frag-

mente en petites vacuoles (processus décrit par Pierre Dangeard); tantôt au contraire on ne constate aucun bourgeonnement de la vacuole de la cellule mère et l'on voit simplement apparaître dans le bourgeon une petite vacuole de néoformation; parfois enfin nous avons vu une néoformation suivie d'un bourgeonnement. Ajoutons que les vacuoles des cellules de Levures ont des formes également très instables, sujettes à d'incessantes déformations : fragmentation, étirement, refusion.

En résumé nos recherches nous ont amené à la conclusion que, dans la plupart des cas, les vacuoles naissent spontanément dans le cytoplasme, mais qu'elles peuvent aussi dériver de l'étirement et de la fragmentation de vacuoles préformées, phénomènes qui semblent déterminés par les mouvements du cytoplasme.

AGRONOMIE. — *Sur l'influence de la nature du sol et des radiations sur la dégénérescence de la pomme de terre.* Note de M. **Gustave Jaguenaud**, présentée par M. Mangin.

Il m'a été donné de faire maintes observations sur la germination des tubercules de pomme de terre et sur les maladies dites de dégénérescence qui affectent ces tubercules. C'est ainsi que j'ai obtenu les meilleurs résultats en utilisant comme semence des pommes de terre nouvelles provenant d'Algérie, ou du midi de la France, de février à avril, incomplètement mûres, mises en germination au préalable dans un local éclairé et sain. D'autre part, un grand nombre de cultivateurs du Sud-Ouest utilisent comme semence des pommes de terre dites de la Saint-Jean provenant de tubercules plantés fin juin; et ils s'en trouvent fort bien, alors que les tubercules plantés normalement de février à mai sont atteints par la dégénérescence.

Guidé par ces observations, j'ai fait, l'an dernier, l'expérience suivante, avec le concours de l'Office Agricole du Tarn; j'ai placé dans différentes régions du département, mais surtout en montagne, de 650 à 700^{m} d'altitude, des semences prélevées dans la plaine gaillacoise, à 200^{m} environ, en terre argileuse, en variété *Great Scot* très sommairement choisies, provenant de semis de juin, et je les ai étudiées comparativement avec des tubercules sélectionnés de la même variété provenant de la région parisienne.

J'ai constaté que le nombre des pieds malades n'atteignait que 10 p. 100 avec *Great Scot* venant du Tarn et dépassait 30 pour 100 avec les tubercules

de l'autre provenance. Le rendement a été supérieur de plus de moitié dans le premier cas. Avec la variété *Institut de Beauvais* j'ai pu faire des observations analogues.

La régularité a été meilleure avec les semences prélevées dans le pays sur culture de juin, qu'avec celles provenant de l'extérieur.

D'autre part j'ai observé que la semence normale provenant de la montagne tarnaise (régions de Lacaune, Brassac, les Cammazes) est assez bonne, bien qu'elle ne soit pas l'objet d'une sélection attentive. Or, dans la montagne, on ne fait guère que des semis tardifs, d'avril à juin. Il y aurait donc lieu, à mon avis, de s'orienter vers une sélection basée sur les semis tardifs de préférence.

Il résulte de mes expériences que l'époque de la plantation et la rapidité du cycle végétatif ont une influence très nette sur la valeur de la semence quant à sa résistance à la dégénérescence.

Ces conditions semblent indiquer une influence des radiations lumineuses ou autres, sur le processus de ces maladies. Des expériences nombreuses faites sur la conservation et la germination des semences ainsi que des pratiques culturales déjà anciennes, on peut également conclure que les deux facteurs *éclairement* et *aération* ont une grande influence sur le développement normal des tubercules.

L'action lumineuse et calorifique est particulièrement bienfaisante.

On a remarqué que le sable humide est ordinairement favorable à la conservation des qualités sanitaires de la pomme de terre, non le sable sec. Les terres argileuses provoquent une dégénérescence très rapide dans les conditions ordinaires de la culture; mais on constate que la dégénérescence peut être très ralentie dans les mêmes terres argileuses par le choix de l'époque de la plantation, par le raccourcissement de la période végétative précisément au moment où l'humidité de ces terrains est à son minimum, condition cependant défavorable à la culture.

Ces faits, qui semblent obscurs à première vue, peuvent trouver une interprétation dans les travaux et les théories de M. Georges Lakhowsky au sujet de l'influence de la nature du sol sur le développement des êtres vivants.

Les études sur l'influence du sol et celles des radiations ouvrent ainsi une voie nouvelle aux recherches non seulement sur les maladies de dégénérescence de la pomme de terre, mais aussi sur la périodicité de certaines maladies des plantes, sur les modifications de la flore microbienne des sols et par suite sur la fertilité des terres arables.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les variations du signe de la biréfringence dans les figures myéliniques et formations connexes.* Note de M. J. NAGEOTTE, présentée par M. Brillouin.

Un fragment d'extrait éthéré de cerveau ou de lécithine pure ([1]) mis, entre lame et lamelle, au contact de l'eau, donne trois hydrates différents, qui possèdent une biréfringence de même signe : positif si la matière est fraîche, négatif si au contact de l'air elle a pris une teinte brun foncé, qui indique l'oxydation.

Ce sont : 1° les *figures myéliniques*, disposées en couronne rayonnante à la périphérie; 2° un *réseau trabéculaire* tendu dans l'espace circonscrit par cette couronne (stries huileuses de Lehmann); 3° une *substance pseudo-isotrope* (Lehmann), d'aspect homogène, qui remplit tout cet espace central et dans l'épaisseur de laquelle courent les trabécules du réseau.

J'ai indiqué précédemment la structure lamellaire des figures myéliniques ([2]); elles sont biréfringentes à axe radié.

Le réseau trabéculaire du disque central est visible en lumière ordinaire, grâce à sa réfringence; il paraît aussi nettement distinct de son milieu que pourrait l'être un réseau fait d'une matière transparente quelconque, examiné dans l'eau; il ne s'insère aux parois qu'en des points restreints, par des piliers d'où partent les trabécules. Ces dernières sont entièrement libres dans leurs parcours; elles sont cannelées en long et généralement striées en travers. L'aspect de leur surface, à un fort grossissement, et leur mode de bifurcation indiquent qu'elles sont formées de filaments élémentaires minces, intimement accolés, exactement parallèles entre eux; leur striation transversale apparente résulte d'ondulations régulières de ces fibrilles; cette striation peut être absente, ou bien au contraire très développée, avec des ébauches de dispositions en éventail et des structures apparemment coniques, qui alternent d'un côté à l'autre; sous cette forme, les trabécules du réseau sont les chaînes de coniques focales de M. Friedel. En lumière polarisée, avec lame de gypse en position diagonale, elles prennent, pour la même orientation, les mêmes couleurs que les figures myéliniques, ce qui conduit à attribuer un axe radié à chacun de leurs filaments élémentaires.

([1]) Je dois à l'extrême obligeance du Dr H. H. Escher un échantillon de l'ovolécithine pure qu'il a obtenue à l'état cristallisé (*Helvetia chimica Acta*, 8, 1925, p. 686).

([2]) J. NAGEOTTE, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 44 et 1021; 186, 1928, p. 300 et 741.

La substance pseudo-isotrope dans laquelle le réseau trabéculaire est plongé paraît homogène; elle peut contenir des structures isolées apparemment coniques, avec croix de polarisation, dont la périphérie n'est pas limitée par une ligne nette, mais se confond insensiblement avec le milieu ambiant (konische Störungen). En inclinant la préparation sur la platine du microscope, il apparaît des couleurs qui décèlent la biréfringence; l'axe est perpendiculaire aux surfaces, le signe est le même que pour les figures myéliniques.

Les mêmes dispositions peuvent être observées dans les préparations faites avec des savons; elles sont particulièrement faciles à mettre en évidence avec l'oléate d'ammoniaque.

La biréfringence des savons est toujours positive. Mais l'oxydation de l'extrait de cerveau et de la lécithine amène une inversion du signe des hydrates, qui devient négatif, contrairement à ce que l'on sait des « corps smectiques »; avec les progrès de l'oxydation, la biréfringence, d'abord positive, s'abaisse puis reparaît avec le signe négatif après passage à o.

Pourtant la matière oxydée garde sa biréfringence positive en l'absence d'hydratation. Étalée sur verre, une couche mince d'extrait ou de lécithine pure donne toujours le signe positif, que la matière soit fraîche ou oxydée : la couleur est bleu II ou jaune I suivant que les molécules, perpendiculaires à la direction de l'étalement, sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de moindre élasticité de la lame de gypse.

Il s'agit donc, dans les figures produites par l'hydratation d'une matière oxydée, d'une biréfringence « de forme », de signe négatif, qui apparaît ou s'exagère par suite d'une modification apportée au mode de dispersion des particules dans l'eau et qui agit en sens inverse de la biréfringence propre des particules dispersées. L'inversion du signe ne se produit pas si, au lieu d'eau distillée, on se sert de solutions aqueuses diverses (glycérine, saccharose, NaCl, urée). A mesure que les solutions sont plus concentrées, l'on obtient successivement des figures myéliniques encore négatives, puis isotropes, enfin biréfringentes positives, avec des couleurs de plus en plus élevées, qui atteignent le niveau de celles données par les extraits frais.

Les formules de O. Wiener laissent supposer que la disposition lamellaire des figures myéliniques est ici en cause, puisqu'il s'agit d'une biréfringence négative. Mais il n'est pas possible d'analyser rigoureusement les phénomènes, parce que l'action des solutions employées est double : elles augmentent l'indice de réfraction du milieu, ce qui diminue l'effet optique de la dispersion des particules, et en même temps elles augmentent la

pression osmotique, ce qui diminue la dispersion elle-même. D'autre part, les variations d'indice que l'on peut obtenir dans un liquide aqueux, utilisable pour cette expérience, sont trop limitées.

Ce qui est certain, c'est que l'oxydation de la matière, qui fait apparaître le signe négatif, favorise l'hydratation. Les figures isotropes ou négatives paraissent moins réfringentes en lumière ordinaire que les figures positives, leur consistance est plus molle. Lorsque l'oxydation est inégalement répartie, il apparaît, dans la même préparation, des figures positives et négatives et ces deux sortes de figures peuvent s'invaginer les unes dans les autres, suivant un processus très fréquent, comme on le sait, dans toutes les préparations. Or ce sont toujours les figures positives, plus dures, qui s'introduisent dans les figures négatives, plus molles, et jamais l'inverse.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'action calcifiante et sur l'action toxique, chez l'animal, de hautes doses d'ergostérol irradié : tentative de séparation des deux actions.* Note de MM. H. Simonnet et G. Tanret, présentée par M. A. Desgrez.

Dans des recherches précédentes [1] nous avons étudié l'action calcifiante et toxique de hautes doses d'ergostérol irradié administrées au lapin, ainsi que la calcification du poumon chez l'animal sain et l'animal tuberculeux. Les recherches suivantes complètent les résultats précédemment publiés.

1. Alors qu'au début nous n'utilisions que de l'ergostérol dissous dans du beurre de cacao, que nous gardions à l'état solide et ne faisions fondre qu'au moment de l'emploi, afin de nous mettre à l'abri des phénomènes d'oxydation, nous avons utilisé dans la suite le produit dissous dans l'huile, ayant reconnu que l'activité d'une telle préparation reste longtemps presque intacte, même pendant un an. La mort survient, dans les deux cas, après 6 à 18 jours pour des doses de 40^{mg} d'ergostérol irradié 45 minutes; 8 à 12 jours pour le même ergostérol irradié 6 heures; elle n'a lieu qu'après 15 à 25 jours pour la dose de 20^{mg} irradiés 45 minutes. La calcification limite de l'aorte thoracique peut monter jusqu'à 23,6 pour 100, égale à celle d'une côte d'un animal sain.

2. Les principes calcifiants et toxiques de l'ergostérol irradié résistent, en effet, assez bien aux agents d'oxydation : on les a retrouvés intacts dans un ergostérol (irradié 6 heures) qui avait été soumis à l'oxydation dans des

(1) Simonnet et Tanret, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 400 et 1529. Pour le détail des expériences, voir *Bull. de la Soc. de Chimie biologique*, **12**, 1930, p. 371, et **13**, 1931 (sous presse).

conditions analogues à celles réalisées pour l'obtention du peroxyde d'ergostérol (addition d'éosine, lampe de 200 watts, courant d'oxygène continu); parallèlement, le pouvoir antirachitique, vis-à-vis du jeune rat, se manifestait encore à la dose de 1/50 de milligramme. La même résistance a été retrouvée quand on l'a soumis aux agents d'hydrogénation (Na métallique et alcool absolu).

Ces deux ordres de faits montrent la stabilité chimique assez grande de la vitamine D, qui, d'autre part, est nettement thermostable.

3. Au cours de nos recherches, nous avons souvent été frappés par la résistance de certains lapins à l'administration de doses qui tuaient la plupart des autres animaux dans des délais infiniment plus courts : alors que ceux-ci mouraient en 15 à 20 jours, par exemple, les premiers ne succombaient qu'au bout de plusieurs mois. On se trouve ainsi amené à envisager la notion d'ergostérino-résistance, analogue à l'insulino-résistance, à l'arséno-résistance, de certains animaux ou de certains malades. La cause de cette ergostérino-résistance nous échappe encore. Expérimentalement, l'influence de la race ou celle du régime alimentaire n'a pu être mise en évidence.

Cette notion d'ergostérino-résistance n'est pas sans troubler la marche des expériences et exige l'emploi de nombreux animaux pour donner des séries aux résultats bien nets.

4. Alors que l'administration journalière d'ergostérol irradié provoque une intoxication calcique en général assez rapide, il n'en est plus ainsi quand les mêmes doses sont administrées de façon discontinue, avec des intervalles de repos bien réglés, par exemple dans des traitements de longue durée où le produit n'est donné que 4 jours par semaine, avec 3 jours de repos entre des prises successives. Dans ces conditions, la survie est très fortement prolongée, les jours de repos agissant à la façon de cures de désintoxication et, dans une certaine mesure, de décalcification artérielle. On peut ainsi garder plusieurs mois des animaux qui, autrement, auraient succombé en quelques semaines.

5. Dans le même ordre d'idées, on a cherché à voir l'effet de l'iodure de potassium — employé couramment dans l'artériosclérose humaine — sur le ralentissement de la calcification expérimentale du lapin. Cette action s'est trouvée très nette et, dans certains cas, tout à fait remarquable. Ainsi, alors qu'un de nos lapins recevant 2^{cg} d'ergostérol irradié 4 jours par semaine ne succombait qu'au 228e jour (ayant ingéré 2^{g},66 d'ergostérol irradié) avec une calcification intense (Ca de l'aorte thoracique descendante : 17,7 pour 100), deux autres lapins recevant les mêmes doses d'ergo-

stérol et, en même temps, $0^g,20$ KI étaient encore vivants, engraissés et bien portants au bout du même temps : sacrifiés, ils montraient des aortes souples et saines où une légère calcification (0,36 et 0,94 pour 100) ne pouvait être mise en évidence que par l'analyse chimique.

6. Si l'on administre à des lapins des doses quotidiennes qu'on peut qualifier de massives — $0^g,10$ et $0^g,20$ d'ergostérol irradié (2 à 4^{cm^3} d'huile à $\frac{1}{20}$) — la mort se produit au bout de quelques jours (6 à 8) avec une baisse de poids modérée, sans grandes lésions anatomiques apparentes, sans calcification aortique appréciable, celle-ci n'étant décelable qu'à l'analyse et ne dépassant guère 1 à 4 pour 100. Ainsi par l'emploi de doses massives se trouve expérimentalement réalisée la dissociation entre l'action toxique et l'action calcifiante, dissociation que l'emploi de petites doses quotidiennes ne nous avait pas permis jusqu'alors de mettre en évidence : par cet artifice, l'action calcifiante n'a pas encore eu le temps de se manifester sensiblement, alors que l'action toxique tue l'animal par un processus tout à fait différent de celui de la calcification. Il semble donc établi qu'il y a, dans les produits d'irradiation de l'ergostérol, un facteur toxique et un facteur calcifiant, bien différents l'un de l'autre.

A $15^h 50^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géométrie, par l'organe de M. J. Hadamard, remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *P. Appell* :

En première ligne. . . . . M. **Élie Cartan**.

En seconde ligne, ex æquo par ordre alphabétique . . . . MM. **Arnaud Denjoy**, **Gaston Julia**, **Paul Montel**, **Ernest Vessiot**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.